

# COMPETIÇÃO ENTRE POPULAÇÕES DE MILHO NORMAIS E BRAQUÍTICAS

EMILIO DA MAIA DE CASTRO  
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Orientador: Prof. Dr. ERNESTO PATERNIANI

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Março, 1983

Aos meus pais,  
esposa e filhos

## AGRADECIMENTOS

À *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, onde trabalho, pela oportunidade oferecida para a realização do curso.

Aos *professores e funcionários do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, pela cordialidade e atenção com as quais me receberam em seu meio.

Em especial ao *Professor Paterniani*, pela dedicada orientação durante todo o curso e pela sua consideração e interesse.

À *Sociedade Agrícola Germinal Ltda.*, pela ajuda na condução dos trabalhos de campo, e em especial ao *Dr. Roberto Rissi* pela sua atenção e colaboração.

Aos colegas *Francisco Ivaldo Oliveira Melo* e *Agostinho Roberto de Abreu*, pelo auxílio prestado na análise estatística dos dados.

Finalmente sou grato a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

## CURRICULUM VITAE

*EMILIO DA MAIA DE CASTRO*, filho de Jairo Ferreira de Castro e Esmeralda da Maia de Castro, nascido na cidade de Uruana, Estado de Goiás, aos 19 dias do mês de julho de 1947.

Formado Engenheiro Agrônomo em 18 de dezembro de 1970 pela Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Minas Gerais, e Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, em 1976, pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), de Piracicaba, São Paulo.

Trabalhou em pesquisa com a cultura do algodoeiro durante todo o período após formado, no princípio em Sete Lagoas, Minas Gerais, pelo Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuárias (extinto DNPEA) e até os dias atuais pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), lotado em Uberaba.

A partir de março de 1981 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, com área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, pela ESALQ, da Universidade de São Paulo.

## Í N D I C E

	<u>Página</u>
RESUMO . . . . .	vii
SUMMARY . . . . .	x
1. INTRODUÇÃO . . . . .	
2. REVISÃO DE LITERATURA . . . . .	5
2.1. Potencialidade Produtiva do Milho . . . . .	5
2.2. Relação entre Fonte e Depósito de Metabólitos . . . . .	10
2.3. Período de Enchimento dos Grãos . . . . .	20
2.4. Eficiência Fotossintética . . . . .	24
2.5. Características Foliaves . . . . .	29
2.5.1. Desenvolvimento das Folhas e sua Função . . . . .	29
2.5.2. Intercepção da Luz Solar . . . . .	32
2.5.3. Arquitetura Foliar . . . . .	39
2.6. Prolifricidade . . . . .	50
2.7. Influência do Pendão na Produtividade . . . . .	55
2.8. Plantas de Porte Baixo . . . . .	60
2.8.1. Obtenção de Plantas Baixas . . . . .	60
2.8.2. Alterações na Planta pelo Caráter Braquítico . . . . .	62
2.8.2.1. Alterações no Colmo da Planta . . . . .	62
2.8.2.2. Alterações nas características Foliaves . . . . .	70
2.8.2.3. Influência na Produção e seus Componentes . . . . .	72

Página

2.8.3. Eficiência do Milho Braquítico. . . . .	80
2.9. Considerações Gerais. . . . .	90
3. MATERIAL E MÉTODOS. . . . .	91
3.1. Material. . . . .	91
3.2. Métodos . . . . .	95
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .	102
4.1. Produção de Grãos . . . . .	102
4.2. Acamamento. . . . .	107
4.3. Altura da Planta, da Espiga e Índice AE/AP. . . . .	109
4.4. Número de Espigas por Plantas . . . . .	112
4.5. Florescimento . . . . .	114
4.6. Número de Ramificações do Pendão. . . . .	116
4.7. Espigas Pendentes . . . . .	118
5. CONCLUSÕES. . . . .	120
LITERATURA CITADA. . . . .	122
APÊNDICE. . . . .	143

# COMPETIÇÃO ENTRE POPULAÇÕES DE MILHO NORMAIS E BRAQUÍTICAS

*Emilio da Maia de Castro*

*Prof. Dr. Ernesto Paterniani*  
- Orientador -

## RESUMO

Populações de milho braquíticas, tem sido desenvolvidas no Departamento de Genética da ESALQ, como uma solução para a obtenção de cultivares de plantas baixas, mais eficientes e com maior resistência ao acamamento. No presente trabalho, são comparados materiais braquíticos com as correspondentes versões normais.

Para tanto cinco populações de milho de porte normal e cinco braquíticos, foram avaliadas em experimentos em faixa, com seis repetições em 4 locais em 1981/82. As populações com as correspondentes versões normais e braquíticas, foram: 1. 'ESALQ VD.2' e 'Piranão VD.2'; 2. 'ESALQ VF.1' e 'Piranão VF.1'; 3. 'ESALQ VD.4' e 'Piranão VD.4'; 4. 'ESALQ VF.3' e 'Piranão VF.3'; 5. 'Maya XIII' e 'Mayanão II'. As populações 'VD.2' e 'VD.4' são de germoplasma Tuxpeño e com grãos dentados amarelos e brancos, respectivamente. As populações 'VF.1' e 'VF.3' são de germoplasma cristalino da Colômbia, Cuba e Brasil

e apresentam grãos de cor laranja e de cor branca, respectivamente. A população 'Maya' desenvolvida pelo Instituto Agrônomico de Campinas, corresponde a um milho dentado amarelo de germoplasma Tuxpeño.

As populações braquíticas foram tão produtivas quanto as normais. As variedades 'Piranão VD.2', 'Mayanão II' e 'Piranão VF.3' foram as braquíticas mais produtivas com 99,8%, 97,1% e 99,3% da população das respectivas formas normais. Uma das mais importantes vantagens das formas braquíticas foi sua maior resistência ao acamamento, uma vez que, enquanto as plantas altas acamaram 33,4% elas apresentaram apenas 11,8% de plantas acamadas. Paralelamente apresentaram uma altura média de planta de 169,8 cm correspondendo a uma redução de 31,0% das altas. A posição da espiga no caule foi mais mediana ( $AE/AP = 0,53$ ), enquanto nas normais situava-se no terço superior ( $AE/AP = 0,63$ ). O tamanho do pendão sofreu uma redução de 10,7% com relação ao número de ramificações e a porcentagem de espigas pendentes de 53,9% nas formas braquíticas. Em termos médios não houve diferença significativa entre os portes para número de dias para o florescimento masculino, intervalo entre o florescimento masculino e feminino e ainda para número de espigas por planta.

Pelos resultados encontrados as formas braquíticas apresentaram vantagens que as tornam recomendáveis para a

agricultura brasileira. Assim é que foram tao produtivas quanto as populações normais com as quais foram comparadas que representaram as melhores do País, além de serem muito mais resistentes ao acamamento.

## COMPETITION BETWEEN NORMAL AND BRACHYTIC POPULATIONS OF MAIZE

*Emilio da Maia de Castro*

*Prof. Dr. Ernesto Paterniani*  
- Adviser -

## SUMMARY

Brachytic maize populations have been developed at the Department of Genetics of the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP., Brazil, as a means to obtain a more desirable plant type with higher resistance to lodging.

The present study was undertaken to compare brachytic vs. normal population. Five normal and the corresponding brachytic counterpart were evaluated in 1981-82 at four locations with six replications per location. The five normal and corresponding brachytic populations were the following: 1. 'ESALQ VD.2' and 'Piranão VD.2'; 2. 'ESALQ VF.1' and 'Piranão VF.1'; 3. 'ESALQ VD.4' and 'Piranão VD.4'; 4. 'ESALQ VF.3' and 'Piranão VF.3'; 5. 'Maya XIII' and 'Mayanão II'.

Populations identified as 'VD.2' and 'VD.4',

yellow and white, respectively, are essentially Tuxpeño dent germoplasm. Populations identified as 'VF.1' and 'VF.3' deep yellow and white, respectively, are essentially a combination of Caribbean and Colombian flint germoplasm. 'Maya' is a yellow dent Tuxpeño material developed at the Instituto Agronômico de Campinas, SP.

The brachytic materials yielded about the same as their normal counterparts. The brachytic types with higher yields were: 'Piranão VD.2', 'Mayanão II' and 'Piranão VF.3'; that yielded 99,5%, 97,1% and 99,3%, respectively, in relation to their normal versions. The most important advantage of the brachytics certainly is their higher resistance to lodging, the normal tall plants lodged on the average 33,4%, the brachytics lodged only 11,8%. Plant height of the brachytics was on the average 169.8 cm corresponding to a reduction of 31% in relation to the tall plants. Ear placement on the brachytics was also lower, since the EH/PH index was of the order of 0,53 while in normal materials the corresponding value was 0.63. Tassel size evaluated by number of branches was smaller in brachytic maize with a reduction of 10,7%. Flowering time was nearing the same for both normal and brachytic material.

The results pointed out that brachytic maize might be a promising material for Brazilian conditions.

Outstanding features are: Good grain yields, highest lodging resistance and possibly other agronomic characters that can be incorporated effectively.

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos de cultivo têm experimentado ao longo dos tempos uma evolução contínua e influido nas características das plantas cultivadas. O milho, objeto deste trabalho, nas regiões tropicais, onde tem sido plantado tradicionalmente em baixos níveis de tecnologia, caracterizados principalmente por espaçamentos largos e controle deficiente das plantas daninhas, evoluiu para um porte alto, crescimento rápido e folhas longas com disposição horizontal. Estas características possivelmente se desenvolveram como uma reação adaptativa que permitiu à planta ocupar e usufruir mais rapidamente o espaço a ela disponível e também competir mais eficientemente com as plantas daninhas com as quais frequentemente foi levada a conviver. Em arroz uma situação parecida tem sido observada e explicações semelhantes a estas tem sido sugeridas (JENNINGS, 1966).

No Brasil, o cultivo do milho vem experimentando um processo acentuado de tecnificação, salientando-se ainda

a crescente importância de não apenas aumentar a produtividade, mas de reduzir os custos e as perdas a que estão sujeitas as plantas em seu cultivo. Para esta nova situação as variedades, ou híbridos, de porte alto das regiões tropicais podem não ser o tipo de planta ideal. No geral são muito sujeitas ao acamamento e este, pela sua constância e volume de perdas que acarreta, especialmente em caso de colheita mecanizada, constitui-se em fator de risco muito importante causando prejuízos e tornando a cultura pouco atrativa especialmente para uma agricultura em níveis empresariais.

A seleção de plantas mais resistentes ao acamamento tem conduzido a progressos significativos em relação aos materiais originais. No entanto, em condições de maior rigor sempre ocorre acamamento acentuado. A obtenção de plantas de porte baixo, por outro lado, têm se mostrado um meio eficiente de controle do acamamento.

A estatura baixa de plantas tem sido relacionada, em muitas culturas, com maior eficiência fisiológica no aproveitamento do ambiente. Em arroz e trigo, por exemplo, as variedades modernas de alta produtividade têm no porte baixo uma das principais explicações de suas performances. Em milho existem bons motivos para se atribuir às plantas baixas maior eficiência, o que será discutido neste trabalho, embora a bibliografia no geral não leve isto em conta, a não ser apenas

a sua maior resistência ao acamamentô.

Uma série de outros caracteres têm sido estudados relacionados a uma maior eficiência da planta do milho, o que é muito interessante. Segundo NASYROV (1978) na condição atual em que um alto nível técnico na cultura do milho já foi atingido, os ganhos em produtividade têm mostrado uma tendência à estabilização, embora os estudos fisiológicos revelem um potencial muito além dos atuais. Este potencial produtivo deverá ser alcançado com um tipo de planta mais eficiente que o existente e somente será atingido na medida em que os diferentes caracteres relacionados com a produtividade sejam melhor estudados, isoladamente ou integrados harmonicamente em um mesmo genótipo. A altura da planta se insere neste contexto e portanto para entender-se seu relacionamento com os demais, procurar-se-á analisar aqueles mais importantes e melhor estudados pela literatura. Com isot, espera-se ter uma idéia mais abrangente sobre os caracteres de importância bem como da possibilidade de serem utilizados para a criação de um tipo de planta mais adequado aos dias atuais.

Levando-se em conta as considerações feitas, este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade de algumas populações de milho de porte baixo, obtidas pela introdução do gene braquítico-2, para as condições brasileiras. Pretende também estudar o efeito do referido gene nas respectivas popula-

ções baixas em relação às suas originais de porte normal. No geral estes trabalhos têm sido feitos com linhagens ou híbridos, porém pouca informação existe a respeito de seu efeito em populações.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Potencialidade Produtiva do Milho

Vários fatores têm sido reconhecidos como limitantes à produção, tais como nutrientes, água, pragas, manejo cultural, etc. Porém, quando eles não são deficientes à planta e economicamente passíveis de serem utilizados nos níveis necessários, resultam em produções elevadas das variedades adaptadas, passando a produtividade máxima a depender principalmente da taxa de interceptação da luz e da assimilação de  $CO_2$  pela superfície da cultura (LOOMIS e WILLIAMS, 1963). PENDLETON (1968) observou que em muitas áreas dos Estados Unidos, onde a produtividade com os germoplasmas atuais é alta, não se tem conseguido acréscimos significativos na produção com o fornecimento adicional de água, nutrientes,  $CO_2$ , etc. sendo portanto a capacidade de utilização da luz solar, o fator limitante mais importante na atualidade. O referido autor chegou a esta conclusão também em função de trabalhos de enriquecimento e empobre-

cimento em luz solar, do ambiente das plantas. Num trabalho desta natureza, em condições ótimas de nutrição e umidade, PENDLETON *et alii* (1967) criaram uma condição rica em luz através de uma lâmina de alumínio colocada obliquamente e refletindo os raios luminosos na fileira adjacente. Com isto obtiveram um aumento substancial em produção, chegando a um máximo de 23.710 kg/ha de milho. Por outro lado a diminuição da luminosidade tem causado reduções acentuadas da produção. EARLY *et alii* (1967), por exemplo, reduziram-na em torno de 25 a 30% com diminuição de 30% de luminosidade, apenas na fase de maturação dos grãos.

A capacidade de aproveitamento da luz solar pelo milho, apesar de ser considerada limitante, é uma das maiores em relação à observada em outras espécies, isto porque ele pertence a um grupo privilegiado de plantas que possui o ciclo C<sub>4</sub> de metabolismo do carbono na fotossíntese. Esta característica especial condicionada por modificações fisiológicas e morfológicas das plantas têm sido amplamente estudada. Entretanto para o presente trabalho é interessante conhecer pelo menos alguns aspectos que resultam mais diretamente nesta maior eficiência. As considerações a seguir, a este respeito, se baseiam nas revisões apresentadas pelos autores MUSGRAVE (1971), WITTER (1974), EVANS e WARDLAW (1976); LAWLOR (1979); MAGALHÃES (1979) e WIT *et alii* (1979).

Nas plantas de ciclo  $C_3$  o primeiro composto da reação de fixação do  $CO_2$  possui 3 átomos de carbono no esqueleto de sua cadeia, enquanto que naquelas de ciclo  $C_4$  forma-se um com 4 átomos, do que resultou os respectivos nomes dos dois processos metabólicos. Em ambos ocorre o fenômeno de liberação parcial do  $CO_2$  em presença de luz, concomitante à fotossíntese, sendo que nas plantas  $C_4$  ele é reaproveitado e nas  $C_3$  perdido para a atmosfera. Nas plantas  $C_4$ , por outro lado, junto aos feixes vasculares forma-se um tecido diferenciado, a bainha vascular, a qual possui uma alta concentração de cloroplastos e é o local onde o  $CO_2$  liberado é reaproveitado através de um metabolismo semelhante ao ciclo  $C_3$  do carbono. Neste caso a fotorespiração não é observada. A assimilação do  $CO_2$  se dá ao nível do mesófilo foliar e a liberação de  $CO_2$  e seu reaproveitamento ao nível da bainha vascular.

A fotorespiração nas plantas  $C_3$  pode representar de 20 a 50% de perda do  $CO_2$  assimilado, perda essa que não ocorre nas plantas de ciclo  $C_4$ . Esta economia de carbono sem dúvida representa uma das principais vantagens destas últimas em relação às primeiras. Em milho tem-se observado valores para a taxa de fotossíntese líquida, em média, de 50 a 70 mg de  $CO_2 \cdot dm^{-2} \cdot h^{-1}$ , enquanto que nas plantas  $C_3$  os valores têm-se situado em torno de 15 a 35 mg de  $CO_2 \cdot dm^{-2} \cdot h^{-1}$ .

Deve-se considerar, entretanto, que a fotossín-

tese via  $C_4$  consome mais energia para cada molécula de  $CO_2$  fixada [ $5ATP + 2NAD(P)H$ ] do que a via  $C_3$  [ $3ATP + 2NAD(P)H$ ]. Assim, a maior vantagem da planta  $C_4$  ocorre em alta intensidade luminosa e temperaturas mais elevadas. Para condições de céu nublado ou para folhas sombreadas, como as inferiores, sua taxa fotossintética pode ser até mesmo menor, especialmente quando ocorre também temperaturas mais baixas. A temperatura ótima para a fotossíntese nas plantas  $C_4$  situa-se em torno de 35 a 40°C (sendo negligível abaixo de 12°C) e a taxa de fotossíntese aumenta com a intensidade luminosa, não se saturando mesmo em condições de sua máxima intensidade. Por outro lado, nas plantas  $C_3$  a temperatura ótima situa-se em torno de 25°C (com considerável assimilação mesmo a 0°C) e a saturação pela luz se dá aproximadamente entre 1/3 a 1/2 da intensidade luminosa máxima (em torno do meio dia).

Ainda outras características importantes das plantas  $C_4$  são mencionadas:

São capazes de aproveitar o  $CO_2$  em níveis mais baixos na atmosfera. MOSS (1962) observou plantas de milho assimilando  $CO_2$  a níveis de apenas 9 ppm em volume (o normal é 300 ppm) enquanto as plantas  $C_3$  o fazem apenas até níveis em torno de 50 a 150 ppm em volume. Esta característica dá à planta capacidade de competição com outras, quando em comunidades densas onde pode haver limitação de  $CO_2$ . Apresentam maior

resistência ao fluxo de  $\text{CO}_2$  e vapor, e com níveis relativamente mais baixos de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, já se inicia o controle do fechamento de estômatos, (a metade daquele para as  $\text{C}_3$ ). MOSS *et alii* (1961) observaram em experimentos com o milho que pequenos acréscimos de  $\text{CO}_2$  causaram acentuado fechamento de estômatos diminuindo-se a transpiração sem entretanto causar decréscimo na assimilação de  $\text{CO}_2$ . Em determinadas condições, as plantas  $\text{C}_4$  chegam a apresentar 50% mais eficiência na utilização de água por peso de matéria seca produzida.

Podem produzir duas vezes mais matéria seca por unidade de nitrogênio presente nas folhas graças a um processo mais econômico na utilização de enzimas. Esta característica permite maior eficiência da planta em solos pobres em nitrogênio.

Todas as vantagens relacionadas e que levam o milho a ser considerada uma das mais eficientes plantas no aproveitamento da luz solar, não são suficientes, entretanto, para levá-lo a fixar toda a energia radiante disponível, porém apenas uma parte dela.

Os autores LOOMIS e WILLIAMS (1963) observaram em várias culturas, que a taxa diária de acúmulo de matéria seca situava-se em torno de 2,0 a 2,5% do potencial determinado pela luz solar disponível. Os autores calcularam o potencial

de crescimento em torno de  $77 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  ( $34 \text{ ton.ha}^{-1}$  em 100 dias), enquanto que a cana, planta do grupo  $C_4$ , por exemplo, apresentou um valor em torno de  $18 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , embora com picos de assimilação bem superior. Em milho com índices de área foliar em torno de 20, um dos maiores observados, WILLIAMS *et alii* (1965) encontraram, por um período curto de 12 dias, um acúmulo de  $52 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , correspondendo a uma utilização de 2,9% da energia radiante. MUSGRAVE (1971) comentando a este respeito, citou trabalhos de Baldock e também de Wilson, nos quais os autores demonstraram que o milho fixa apenas 2% de energia solar enquanto que o potencial de utilização poderia alcançar em torno de 7,1% da mesma.

Pelo visto a quantidade de luz disponível não é um fator limitante à cultura, porém o é a capacidade de sua utilização pela mesma. Muitos trabalhos têm sido realizados a respeito de características da planta de milho no sentido de aumentar sua capacidade de aproveitamento da energia solar e a altura da planta deve ser considerada como uma delas, embora a literatura a respeito não a tenha explorado suficientemente.

## 2.2. Relação entre Fonte e Depósito de Metabólitos

A obtenção de um tipo de planta com potencial produtivo maior deve ser precedida de estudos detalhados sobre

as causas que têm limitado os avanços pretendidos. Uma das formas de se estudar o problema é analisar os fatores intrínsecos da planta, pois estes podem eventualmente ser os mais limitantes em relação aos de seu ambiente externo.

A produção de uma planta vai depender do seu aparato de síntese de matéria orgânica, também chamado "fonte", e da capacidade de armazenagem dos materiais fotossintetizados em sítios determinados, chamados "depósitos". A relação de equilíbrio entre fonte e depósito cria condição de otimização da produção. Entretanto um deles pode ser deficiente e limitante e seu conhecimento é fundamental como orientação ao trabalho de melhoramento de plantas. É mais vantajoso desenvolver-se um maior esforço para os problemas mais limitantes pois desta forma os ganhos podem ser maiores.

Para uma compreensão melhor do problema, fonte e depósito, é interessante discutir-se alguns aspectos básicos relativos à planta. Em primeiro lugar para efeito desta revisão, apenas os grãos serão considerados como depósito. Embora outros órgãos da planta possam eventualmente comportar como tal, de forma permanente (caule e pendão) ou temporária, nos quais o seu produto acumulado pode ser remobilizado para os grãos (HANWAY e RUSSEL, 1969). O milho desenvolve várias ramificações axilares laterais (em torno de 6) as quais passam pelo processo de diferenciação floral, porém não se desenvolvendo ne-

cessariamente, em espigas (SASS e LOEFFEL, 1959) segundo PRINE (1971), o abortamento de espigas numa planta dá-se de 3 a 4 dias antes da emissão da barba até aproximadamente 8 dias após, constituindo-se este um período altamente crítico ao estabelecimento de espigas. Segundo SIEMER *et alii* (1969) o processo de paralização da formação de espiguetas ocorre em primeiro lugar na espiga de posição mais baixa na planta, evoluindo o processo no sentido da superior. Esta, portanto, é a primeira a florir e a última a sofrer os efeitos da competição por assimilados.

O período da maturação, também chamado período de enchimento dos grãos, estende-se desde o embonecamento até a formação da camada preta. JOHNSON e TANNER (1972) dividiram este período em três fases: Um período inicial de lento acúmulo de matéria seca nos grãos (até 15 a 17 dias do embonecamento), um período linear e de intenso aumento em peso representando cerca de 90% do total do grãos (de ± 15 a 45 dias do embonecamento) e novamente um período de crescimento mais lento até o ponto de maturação fisiológica quando o grão atinge seu peso máximo. O período linear de crescimento tem sido chamado de "*período efetivo de enchimento de grãos*". Esta fase final do ciclo das plantas caracteriza-se por uma mobilização de todo o aparato de síntese na geração de fotosintetizados para a formação dos grãos. Observa-se também um aumento do peso do

caule até aproximadamente 15 a 20 dias após o embonecamento (MACKINNON, 1979), permanecendo após estável ou caindo no final de enchimento de grãos, o que tem variado com os diferentes trabalhos e genótipos analisados (DAYNARD *et alii*, 1969). Estes autores observaram reduções significativas no peso do caule no período do meio para o fim da fase de enchimento dos grãos. Esta queda do peso foi atribuída a uma remobilização de carboidratos solúveis estocados no caule, para a espiga. DUNCAN *et alii* (1965) observaram que nas condições de seus estudos o caule funcionou como um importante órgão de estocagem de açúcares, os quais sob condições adversas para a planta puderam ser remobilizados para garantir o crescimento dos grãos. Observaram um aumento de peso de grãos relativamente uniforme a despeito da ampla variação da atividade fotossintética ao longo dos dias, o que provavelmente foi garantido pelas reservas do caule. ALLISON e WATSON (1966), por outro lado observaram que o peso seco atingido pelo caule permaneceu constante até o final do ciclo; entretanto em plantas parcialmente desfolhadas ele caiu a partir do 15º dia do embonecamento através da mobilização de suas reservas para os grãos.

Pelo que se pode observar a fase reprodutiva e de enchimento dos grãos são bem distintas, uma vez que a primeira relaciona-se com o estabelecimento do potencial de grãos e a segunda com a efetivação do referido potencial pela mobilização de carboidratos para os mesmos. Interferências na fase re

produtiva resultariam em alterações na capacidade de "depósito" da planta e na fase do enchimento de grãos com a "fonte" de assimilados para o suprimento do depósito. No sentido de verificar se a fonte ou o depósito é o limitante à produção, alguns trabalhos foram realizados através da indução de alterações na capacidade de síntese pela planta nos períodos de floração e de enchimento de grãos. No caso das alterações promovidas na fase reprodutiva provocarem mudanças na produção da planta, maiores que na fase do enchimento do grãos, então o depósito seria o limitante e em caso contrário, a fonte.

Uma revisão detalhada a respeito da relação fonte-depósito foi apresentada por TOLLENAAR (1977) e, segundo este autor, uma série de evidências diretas e indiretas têm demonstrado que para as regiões sub tropicais e temperadas o depósito é mais limitante, enquanto que nas regiões mais frias e de estações de cultivo curtas, a fonte é limitante. EARLY *et alii* (1967) em Illinois, USA, estudaram o efeito de níveis de sombreamento das folhas em fases diferentes do ciclo da planta observando que estes promoveram reduções muito mais acentuadas na produção quando aplicados na fase de florescimento (55 a 76 dias da germinação) do que nas vegetativas (até 54 dias da germinação) e maturação (de 78 a 140 dias de germinação). Também PRINE (1971) estudando o efeito do desbaste em diferentes fases do ciclo da planta, e, verificando o aumento da disponibilidade

de luz nos indivíduos, sem competição, observou que o período mais crítico à produção ocorreu do início de emissão dos estigmas, até 10 a 12 dias após.

Outra indicação do depósito como limitante, é inferida de estudos de acúmulo e distribuição de matéria seca nas plantas. A grande quantidade de matéria seca que permanece no caule e que não é remobilizada para os grãos deve-se a um depósito deficiente, o que foi observado no trabalho de ALLISON e WATSON (1966) na Rodésia e no trabalho de Goldsworthy e colaboradores, no México, citado por TOLLENAAR (1977).

Nas condições do Norte dos Estados Unidos e no Canadá, os trabalhos a respeito têm indicado a fonte como limitante. Vários trabalhos realizados nestas regiões têm demonstrado um decréscimo no peso do caule em consequência da remobilização para os grãos de carboidratos nele armazenados (HANHAY, 1962; JOHNSON *et alii*, 1966; HANHAY e RUSSEL, 1969). A remoção das reservas armazenadas no caule para os grãos é indicação de que a fonte de assimilados não está produzindo suficientemente, sendo portanto a fonte limitante.

TOLLENAAR e DAYNARD (1978) trabalhando numa região de estação de plantio curto, no Canadá, fizeram um estudo de diminuição e de aumento de luz em plantios de milho nas fases de florescimento (15 dias antes a 15 dias após 50% de embonecamento) e na maturação (15 dias após embonecamento até fase

de senescência). Concluíram que a fonte foi a limitante, mesmo subestimando a extensão desta limitação, pois produtos estocados no caule na fase reprodutiva foram utilizados na de enchimento de grãos. Com uma metodologia diferente, HUNTER (1980) submeteu um híbrido a foto-períodos de 10 e 20 horas durante o período vegetativo, com o objetivo de obter plantas com números de folhas diferentes. No início da formação do pendão as plantas foram transferidas para o campo, onde se observou que aquelas submetidas preliminarmente a fotoperíodo maior apresentaram folhas maiores e em maior número, e produções maiores. Segundo o autor seus resultados concordaram com o conceito de que em regiões de estações curtas a fonte é limitante. Para ele estes resultados não foram surpreendentes pois os híbridos das regiões americanas de estações curtas de plantio são caracterizados por plantas de pequeno porte e menor número de folhas.

Em vista das considerações feitas parece lógico que para as condições brasileiras o depósito seja o limitante, embora esta seja uma inferência baseada muito mais em evidências indiretas. De qualquer maneira, os trabalhos sobre a relação fonte-depósito são ainda reduzidos com o milho e as metodologias de estudo ainda não estão bem definidas para conclusões sobre a importância relativa da fonte e do depósito.

A seleção feita pelo homem, de acordo com NASYROV

(1978), tem sido orientada para a capacidade de depósito da planta, o que resultou em aumento da produção até onde a capacidade de fotossíntese da planta o permitiu. Em milho a seleção pelo homem para o depósito, foi uma constante em todo seu processo evolutivo. Entretanto deve-se lembrar que a seleção natural também atuou paralelamente. Para os milhos tropicais os espaçamentos largos e a competição com plantas daninhas deve ter levado a um aumento na área foliar da planta.

Outro aspecto interessante e que demonstra um alto potencial de depósito se refere às observações de SASS e LOEFFEL (1959) segundo os quais, seis a sete espigas iniciam seu desenvolvimento na planta; porém, a maioria delas cessa seu crescimento por ocasião da emissão da barba da espiga superior. As plantas, portanto, demonstram um alto potencial para o estabelecimento de um grande depósito, muito embora, apenas uma ou poucas espigas superiores consigam se desenvolver.

O potencial maior de produção exibido por cada fase do ciclo das plantas, segundo EVANS e WARDLAW (1976) constituiu-se num importante mecanismo de adaptabilidade às flutuações estacionais. Em milho, eventualmente, pode-se observar um maior número de folhas que o aparentemente necessário, o que se infere nos trabalhos com sombreamento de folhas, nos quais níveis de redução da luminosidade de até 20 a 30%, especialmente na fase vegetativa interferem pouco ou nada com a produção

(SCHIMIDT e COLVILLE, 1967; PRINE, 1971). O número de espigas que passam pelo processo de diferenciação floral é muito maior que o número daquelas que se desenvolvem completamente. Na espiga, o número de espiguetas possíveis é maior que o número de grãos que se formam. Durante o processo de maturação dos grãos, a quantidade de produtos orgânicos produzidos é maior que a necessária, haja visto o alto conteúdo de açúcares no colmo no final do ciclo, o qual, entretanto, pode ser remobilizado para o grãos quando houver problemas com o mecanismo de assimilação. Evidentemente, quanto mais tarde no ciclo da planta ocorrerem situações desfavoráveis, menor a capacidade de recuperação da mesma. Além disto, deve-se considerar a existência de fases críticas, quando as reações da planta às alterações do ambiente são mais intensas que nas demais. PRINE (1971) estudando o efeito do desbaste em diferentes fases do ciclo do milho, observou que a alta densidade no período do aparecimento do estigma até 12 dias após, exerceu um efeito muito acentuado na produção de espigas, sendo este o período mais crítico da planta. Sabe-se também que estresses de umidade no período do florescimento são altamente danosos à planta. Este período crítico ocorre numa fase de meio para o fim do ciclo da planta e se relaciona diretamente com a formação do depósito.

Ao que parece, pelo que se discutiu, ainda não é claramente definido em milho, especialmente para a região tropical, qual, se a fonte ou o depósito, é o mais limitante à pro-

dução. A este respeito TOLLENAAR (1977), em revisão onde outras culturas também foram levadas em conta, considerou que tanto a fonte como o depósito podem ser limitantes e que combinações particulares do genótipo e ambiente é que determinarão o grau de limitação de cada um. Por outro lado, a existência de mecanismos com efeitos de regulação nos dois sentidos podem neutralizar a importância relativa assumida pela fonte ou depósito. Por exemplo, a fonte de assimilados pode ajustar-se à demanda dos grãos em crescimento, ou por outro lado, o depósito ser restrito em função de limitações no suprimento de assimilados em fases iniciais de formação dos grãos.

Como ainda não se tem uma idéia precisa sobre a relação fonte-depósito e a produção, a seleção apenas para o caráter considerado mais importante, não parece muito desejável pelo risco envolvido. De qualquer maneira o melhoramento unidirecional para o fator limitante, para o depósito ou fonte, seria muito pouco prático pois haveria uma alternância da importância de cada um no desenrolar do programa, criando a necessidade de uma contínua avaliação para se conhecer qual deles, num determinado momento, deve ser considerado. Uma vez que estes fatores estão intimamente relacionados e mutuamente se influenciando, a adoção de um melhoramento visando a planta como um todo seria mais desejável e possivelmente levaria à obtenção de genótipos mais equilibrados para o grau de influência da fonte ou

depósito na produção. Assim sendo, genótipos com maior prolificidade tanto de grãos quanto de espigas, maior período de enchimento de grãos, pendões menores, menor intervalo entre o florescimento masculino e feminino, geometria de folhas mais adequadas à intercepção da luz solar, maior eficiência fotossintética por área foliar, etc. deveriam ser obtidos dentro de uma condições de harmonia entre os diferentes caracteres.

### 2.3. Período de Enchimento dos Grãos

Uma vez estabelecido o potencial de número de grãos, a produção de uma planta pode ser considerada com função da velocidade e duração do acúmulo de matéria seca nos grãos em formação (PONELETT e EGLI, 1979). Esta fase durante a qual as sementes se desenvolvem convencionou-se chamar de "*período de enchimento dos grãos*" e ocorre imediatamente após a fertilização até a maturação fisiológica da semente (camada preta). É ainda interessante considerar que praticamente todo o conteúdo de matéria seca do grão é sintetizado dentro do próprio período, sendo a contribuição das fases anteriores considerada mínima (ALLISON e WATSON, 1966).

Um estudo mais detalhado do período de enchimento dos grãos foi realizado por JOHNSON e TANNER(1972), os quais o dividiram em três etapas: Um período inicial caracteri

zado por baixo acúmulo de matéria seca e que se estende da emissão da barba até 15 a 17 dias; um outro de acúmulo linear de matéria seca, durante o qual mais de 90% do peso do grão é incorporado e tem uma duração de aproximadamente 21 a 27, e 27 a 32 dias para linhagens e híbridos respectivamente e, finalmente, uma fase final caracterizada por decréscimo no acúmulo de matéria seca, terminando com a formação da camada preta.

Tem sido sugerido que o período real de enchimento de grãos seja representado pela fase linear (JOHNSON e TANNER, 1972). Entretanto DAYNARD e KANNENBERG (1976) observaram em 35 híbridos avaliados que tanto o período inteiro como somente a fase linear se correlacionaram altamente com a produção, podendo serem igualmente utilizados.

Dado à sua importância, o período de enchimento dos grãos tem sido estudado por vários autores. Um interessante trabalho foi desenvolvido por CROSBIE e MOCK (1981) onde procuraram conhecer as mudanças nas características fisiológicas que permitiram às variedades melhoradas serem superiores às respectivas originais. Para tanto, avaliaram materiais selecionados, em relação aos seus originais, obtidos de três programas de melhoramento dos pesquisadores Dr. Sprague, Dr. Brunson e Dr. Hallauer. Para todos os materiais melhorados foi observado um aumento no período de enchimento de grãos. Em dois dos três materiais a taxa de crescimento do grão também foi importante. Ou

tros parâmetros levantados também explicaram os ganhos em produção porém não foram constantes para as três populações, senão para uma ou outra delas: Retardamento da senescência, produção maior de matéria seca por planta, peso de grão por área foliar e maior índice de colheita.

Outros autores também têm demonstrado o valor do período de enchimento do grão para o melhoramento através de observações de correlações positivas entre ele e a produção (HANWAY e RUSSEL, 1969; DAYNARD *et alii*, 1971; CROSS, 1975; DAYNARD e KANNENBERG, 1976; PONELEIT e EGLI, 1979 e PONELEIT *et alii*, 1980).

O período de enchimento dos grãos apresenta dois componentes que são a sua duração e a taxa ou velocidade de seu crescimento. Quando se aumenta a duração do período, no geral tem-se uma queda da taxa de crescimento, conforme demonstrado por PONELEIT *et alii* (1980) em estudos de correlação. A obtenção de plantas mais produtivas pode ocorrer pelo aumento tanto de um como de outro, ou de ambos caracteres, pois embora uma relação negativa exista, a mesma não se situa em níveis que possam desaconselhar a seleção. CROSBIE e MOCK (1981) relataram ganhos para produção por seleção e que foram explicados em um caso por aumento apenas no período de enchimento de grãos, porém em outro também pela taxa de seu enchimento. DAYNARD *et alii* (1971) estudaram o comportamento de três híbridos e verificaram

que a diferença em produção entre eles era maior em função da maior duração do período de enchimento dos grãos do que da taxa de acúmulo de matéria seca dos mesmos. Por outro lado, DAYNARD e KANNENBERG (1976) observaram notáveis excessões para a associação entre período de enchimento de grãos e produção. Encontraram híbridos, dentre 35 avaliados, de alta produtividade e menor período, porém com taxa de enchimento mais elevada, situação esta considerada bem interessante para a obtenção de plantas precoces. Com relação ao ciclo da planta, pode-se obter plantas com maior período de enchimento de grãos sem alterações do ciclo (PONELEIT *et alii*, 1980), compensando com um período menor anterior ao embonecamento.

Pelo visto, existe ampla possibilidade de se promover alterações na duração e na velocidade de enchimento dos grãos com reflexos positivos na produção. Adicionalmente há bastante variabilidade nas populações para estes dois parâmetros (HANWAY e RUSSEL, 1969; JOHNSON e TANNER, 1972). PONELEIT *et alii* (1980) observaram em 10 populações sintéticas variação de 42 a 91 dias para a duração do período afetivo de enchimentos dos grãos e 5,5 a 12,8 mg . grão<sup>-1</sup> . dia<sup>-1</sup> para a taxa de enchimento.

Com relação à seleção CROSS (1975) observou que a variação no período de enchimento de grãos se devia principalmente à variância aditiva. Considerando que este caráter

não é muito influenciado pelo ambiente (PONELEIT e EGLI, 1979) os ganhos por seleção para o mesmo devem ser satisfatórios. Este autor observou que o aumento da densidade de plantio não afetou a taxa de enchimento do grão, entretanto reduziu o período em 2,5 dias. Por outro lado DAYNARD *et alii* (1971) não observou este efeito da densidade. Com relação aos nutrientes, PEASLEE *et alii* (1971) não observaram efeitos para aplicações de fósforo, porém um pequeno aumento para a duração do período com as doses de potássio.

#### 2.4. Eficiência Fotossintética

A eficiência pela qual a planta assimila  $\text{CO}_2$ , intercepta a luz solar e transloca os compostos orgânicos sintetizados para órgãos de reserva desenvolvidos, define o seu potencial produtivo. A eficiência fotossintética ou de assimilação é portanto um dos principais, senão o maior, componente do potencial produtivo das plantas. O milho por possuir fotossíntese do tipo  $\text{C}_4$  é considerado como uma das plantas mais eficientes quanto à assimilação de  $\text{CO}_2$ . Entretanto dentro da espécie tem-se observado também uma ampla variação a este respeito. DUNCAN e HESKETH (1968) avaliaram 22 raças de milho e encontraram diferenças entre elas quanto a taxa de fotossíntese por área foliar com valores entre 36 a 59  $\text{mg de CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Outra evidência da ampla variabilidade para a eficiência fotossintética em milho foi obtida por HEICHEL e MUSGRAVE (1969), em linhagens, híbridos e variedades. A taxa de fotossíntese foi determinada na folha da espiga, três semanas após a polinização. As diferenças entre as linhagens foram mais acentuadas, tendo sido observados os valores de  $28 \pm 2$  e  $85 \pm 3$  mg de  $\text{CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ , para a menos e para a mais eficiente, respectivamente. Observaram também que as diferenças entre variedades, entre híbridos, entre linhagens, ou mesmo entre todos, foram maiores que as dentro de cada material.

Além da variação da taxa de assimilação determinada por fatores genéticos, outros fatores também podem influir e é muito importante que sejam compreendidos para que as medidas visando a otimização da fotossíntese possam ser objetivas. A intensidade da irradiação solar é o fator mais importante para a determinação da eficiência fotossintética de um germoplasma. MOSS *et alii* (1961) encontraram uma correlação elevada ( $r = 0,95$ ) entre intensidade luminosa e assimilação de  $\text{CO}_2$ . Os autores observaram com isto que a curva de fotossíntese por área foliar acompanhou a da intensidade luminosa, com um pico nas horas mais ensolaradas do dia. Observaram, por outro lado que a eficiência de assimilação medida em termos do conteúdo de glúco<sup>s</sup>e fixado, e dada em porcentagem da luz solar fixada, apresentou uma depressão no período do dia de intensidade luminosa mais elevada. Isto significa que um

aumento na intensidade luminosa a partir de certo limite produz menos carboidratos do que o mesmo aumento nos níveis mais baixos. Isto indica que a luz é mais eficientemente utilizada, por unidade de área foliar, em níveis mais baixos de luminosidade (EASTIN, 1969). MOCK e PEARCE (1975) revendo trabalhos de diversos autores concluíram que a taxa de fotossíntese por área foliar não cresce linearmente com o aumento da intensidade luminosa. Mesmo espécies eficientes, como o milho, conseguem 80% da fotossíntese máximas com apenas 50% da máxima intensidade luminosa.

Outro fator que interfere na taxa de fotossíntese de uma folha é sua idade. Segundo SESTAK (1981) ela alcança um máximo um pouco antes da folha atingir seu máximo de área e conteúdo de clorofila, decrescendo posteriormente lentamente com a idade. MUSGRAVE (1971) também observou em linhas de milho este decréscimo com a idade. Outros fatores relacionados com a idade da folha, não intrínsecos da planta, mas do ambiente, vão se acentuando podendo afetar a capacidade de síntese, como por exemplo doenças, pragas, danos mecânicos, acamamento, etc.

Outros fatores têm ainda sido considerados: O estado nutricional da planta afeta a síntese como demonstrado por NUNEZ e KAMPRATH (1969) em ensaios com adubação nitrogenada. Limitações da umidade também foram prejudiciais (MOSS *et alii*,

1961). Estes mesmos autores consideraram a temperatura como muito importante, uma vez que com seu aumento também cresce a respiração, porém muito mais a fotossíntese. Outros fatores do ambiente como disponibilidade de água (HESKETH e MUSGRAVE, 1962), níveis de CO<sub>2</sub> (MOSS *et alii*, 1961; MUSGRAVE, 1971), sombreamento prolongado de folhas, neste caso reduzindo seu potencial produtivo, mesmo retornando às condições de luminosidade normais (RAVEN *et alii*, 1981), afetam a eficiência de síntese das plantas. Entretanto, quando estes fatores se mantêm dentro dos níveis normais encontrados, a variação na capacidade de fotossintetizar é determinada principalmente pela natureza do genótipo considerado.

A variabilidade genética existente com relação à eficiência fotossintética demonstra por si só a possibilidade de ganho por seleção a este respeito. Segundo MAGALHÃES e SILVA (1978) o aumento da produtividade obtida pelo melhoramento, deve ser função de uma maior eficiência de síntese, uma vez que, no geral, não é acompanhado de um aumento correspondente da área dos órgãos fotossintetizantes. A eficiência fotossintética por área foliar foi estudada quanto à sua herdabilidade por CROSBIE (1977), tendo-se observado valores altos para as mesmas e ainda que a variância aditiva foi a principal responsável pela variabilidade do caráter. Num trabalho posterior, CROSBIE (1981) efetuou cinco ciclos de seleção recorrente fenotípica para alta taxa de fotossíntese, em duas populações de

milho, e três ciclos para baixa, em uma delas. Os ganhos foram da ordem de 1,6 e 1,3% para a taxa de fotossíntese por ciclo, para a seleção feita na fase vegetativa e de enchimento de grãos, respectivamente. Os ganhos para baixa eficiência foram menores. Por outro lado, MUSGRAVE (1971) selecionou sublinhagem para alta e baixa eficiência fotossintética, de linhagens elites. Pelo que se pode observar, do ponto de vista genético, é perfeitamente possível a obtenção de germoplasmas com alto potencial de fotossíntese.

Uma planta com alta eficiência fotossintética não é necessariamente uma planta eficiente para conversão de grãos. Segundo MOCK e PEARCE (1975) é necessário que ela também tenha alta capacidade de produção dos fotossintetizados em grãos. Uma planta de porte baixo, por exemplo, poderia perder menos material assimilado nos processos de respiração, uma vez que uma planta maior com maior superfície de caule, órgão não fotossintetizante, poderá respirar mais. Também neste tipo de planta deve haver maior economia no processo de translocação, além de uma menor dominância apical, com resultados mais positivos para a produção.

## 2.5. Características Foliaves

### 2.5.1. Desenvolvimento das Folhas e sua Função

As folhas estão intimamente relacionadas com a formação e o desenvolvimento delas próprias e dos outros órgãos da planta, o que as tornam um dos elementos mais importantes da planta.

O número total de folhas que uma planta vai ter, é definido em fases bem iniciais do desenvolvimento. STEIN(1955) trabalhando com linhagens normais e braquíticas observou que na própria semente, o embrião já possui em torno de 5 a 6 folhas definidas e que na fase de plântula praticamente define-se o número total de folhas da planta. O autor observou que com 27 dias do plantio a fase de formação de folhas tinha se completado com uma média de 14 folhas totais. Este número pode variar muito com os genótipos, e com o ambiente. CHASE *et alii* (1967) avaliaram 21 híbridos, e encontraram uma variação de 16,2 a 18,3 folhas totais por planta para ambientes diferentes. A variação entre plantas dentro de um mesmo híbrido, numa parcela, foi observada por HANWAY (1963) entre valores de 15 a 22 embora a maioria das plantas exibissem 18 a 20 folhas totais. Também ALDRICH *et alii* (1975) consideraram que o milho normal do "Corn Belt" possui em torno de 20 a 23 folhas e que estas praticamente se encontram formadas, em torno de 30 dias do plantio. Segundo

estes mesmos autores e HANWAY (1963), em torno de 5 a 7 folhas inferiores da planta morrem antes mesmo que as superiores completem seu desenvolvimento. Desta forma, o número de folhas ativas na planta por ocasião do florescimento e período de enchimento de grão é menor e de acordo com EASTIN(1969), em função de suas observações em dois híbridos, este número situa-se em torno de 13 folhas. Em milhos precoces ROOD e MAJOR (1981) observaram em um dialélico, uma variação de 10 a 13 folhas por ocasião do florescimento. Os milhos usualmente cultivado no Brasil, segundo informação pessoal do Dr. Paterniani, apresentam um número final de folhas ativas em torno de 17. Ainda a este respeito tem-se observado uma correlação muito estreita entre número de folhas e dias para o florescimento, o que significa dizer, que seleção para precocidade pode levar a uma diminuição do número de folhas (CHASE *et alii*, 1967; ROOD e MAJOR, 1981).

O desenvolvimento em peso seco das folhas é lento a princípio, porém por volta dos 35 a 40 dias do plantio inicia-se uma fase linear de rápido crescimento. Segundo HANWAY (1962) num período de 15 dias as folhas passam de 30% a 85% do seu peso final, constituindo-se este um período crítico para a formação da área foliar ativa da planta. O peso seco final das folhas é atingido alguns dias antes do florescimento e a área foliar máxima é atingida pela folha quando ainda envolta pelas folhas mais velhas, não mais se desenvolvendo em compri

mento ou largura após estar completamente exposta. Esta fase de rápido desenvolvimento foliar acompanha aproximadamente o período de rápido crescimento em altura pela planta. Segundo ALDRICH *et alii* (1975) a aproximadamente uma semana da liberação do pólen todos os internódios, à exceção dos 2 a 3 superiores, já se alongaram ao máximo, sendo a altura final da planta obtida quando os seus internódios apicais se desenvolvem e deixam o pendão proeminentemente alto e em condição de liberar o pólen.

O aproveitamento dos produtos fotossintetizados pelas folhas obedece a modelos definidos de consumo. Segundo revisão a este respeito apresentada por MAGALHÃES e SILVA(1978) as folhas novas em desenvolvimento importam substâncias de outros órgãos para a garantia de seu crescimento e tão logo se tornem autosuficientes, passam a contribuir para outros órgãos. Durante a fase vegetativa, as regiões de crescimento da planta mobilizam os fotossintetizados para seu desenvolvimento. Porém com a formação dos órgãos reprodutivos estes também passam gradativamente a importar os assimilados, transformando-se em sítios de intenso consumo, quando em fase de rápido desenvolvimento. EASTIN (1969) estudou a distribuição de carbono marcado oferecido a diferentes folhas da planta, tendo observado uma relação específica entre a posição e função da folha. Por ocasião do embonecamento, as folhas superiores forneceram carbono marcado para o pendão, parte superior do

caule e espigas, sendo que apenas uma pequena fração do mesmo foi para as partes inferiores. Na medida em que as folhas se aproximam da espiga, há uma forte polarização por parte desta última, com distribuição de carbono também para a parte mediana do caule. Quando o tratamento foi feito na segunda folha abaixo da espiga, a predominância foi de distribuição do carbono para a raiz e base do colmo, além de uma pequena fração também para a espiga. Quando as observações foram feitas 20 dias após o embonecamento, ocasião em que a parte superior do caule, pendão e folhas cessaram o desenvolvimento, estando a espiga, por outro lado, em fase de crescimento acelerado, as diferenças na distribuição do carbono em função da posição da folha foi ainda mais óbvia. Todas as folhas acima da espiga contribuíram quase exclusivamente com carbono para a espiga, enquanto que aquelas abaixo, para a parte basal do caule, raízes e ainda numa grande proporção também para a espiga. O autor observou que além do estágio de desenvolvimento, genótipos diferentes podem afetar a relação entre a posição da folha e a distribuição de assimilados.

### 2.5.2. Intercepção da Luz Solar

A produção de uma planta depende primariamente da sua capacidade de interceptar a luz solar e em segundo lu-

gar de sua potencialidade intrínseca de transformar a energia irradiante em energia química e de armazená-la nos órgãos especiais de reserva. A luz não interceptada pela folha é perdida e eventualmente pode causar problemas adicionais à cultura pois ao alcançar o solo promove perdas de água por evaporação e ainda estimula o nascimento e desenvolvimento de plantas daninhas.

A planta de milho tem um crescimento inicial lento. Entretanto, por volta dos 40 dias do plantio inicia-se um desenvolvimento acelerado atingindo o seu máximo de área foliar por ocasião da floração, em torno de 30 dias após. Para se medir a área de folhas de uma plantação tem-se usado o "*Índice de Área Foliar*" (IAF), o qual é uma relação entre a área de folha da cultura e a área de solo por ela ocupada. Este índice tem muita importância pois dá uma indicação da área das folhas que num determinado momento pode estar interceptando a luz solar, em relação ao espaço por ela ocupado. Tendo em vista o modelo de desenvolvimento das plantas, no princípio o IAF da cultura é baixo, quando uma grande parte da radiação incidente é perdida no solo. Posteriormente passa por uma fase de crescimento linear, atingindo o máximo por ocasião do florescimento da planta, conforme observações de Allison citado por TOLLENAAR (1977). Também citado por este autor Vietor e Musgrave observaram um declínio no IAF na fase final do período de enchimento do grão. Este declínio é função de fatores do ambiente que

reduzem a área foliar das plantas (pragas, doenças, temperatura, etc.) e da própria senescência natural das mesmas. O IAF entretanto não depende somente do padrão de crescimento exibido pelas plantas, mas também de outros fatores como densidade de plantio e estado nutricional (EVANS e WARDLAW, 1976). O efeito da aplicação de nutrientes foi estudado por EIK e HANWAY (1965) tendo sido positivo sobre o número, área e duração das folhas bem como sobre a velocidade de aparecimento das mesmas durante o crescimento. O efeito da densidade de plantio sobre o IAF tem sido observado por vários autores. Na medida em que se aumenta o número de plantas a área foliar de cada planta da população é diminuída, embora em proporção menor em relação ao acréscimo devido ao maior número de plantas, o que resulta em aumento do IAF. NUNEZ e KAMPRATH (1969), obtiveram acréscimo no IAF de 2,5 para 4,5 com populações de 34.500 e 69.000 plantas por hectare, respectivamente.

O IAF ideal para uma cultivar será aquele que resultar em maior produtividade, entretanto pode variar para cada genótipo e com as condições ambientais. Em trabalho realizado por SCARSBROOK e DOSS (1973) em Alabama, utilizando dois híbridos e espaçamentos e densidades de plantio diferentes para gerar ampla variação no IAF, conseguiram observar que a relação entre produção e IAF obedeceu a uma distribuição que se ajustou melhor a uma equação quadrática e que a produção de grãos como variável dependente teve seu valor maior com o IAF

em torno de 3,5. Este ótimo foi também encontrado por NUNEZ e KAMPRATH (1969) além do qual a produção mostrou tendência de diminuição. EIK e HANWAY (1966) encontraram uma tendência linear da produção apenas até o IAF de 3,5. Também HOYT e BRADFIELD (1962), em Nova Iorque, notaram uma tendência semelhante para a taxa de assimilação, a qual teve seu ótimo para um IAF em torno de 2,7, porém usando metodologia diferente, através da qual os diversos IAF foram obtidos por desfolha de plantas de uma plantação. Segundo estes autores seus dados indicam que a queda da taxa de assimilação após um ótimo de IAF foi função do sombreamento das folhas inferiores, as quais, por este motivo, foram levadas a uma baixa eficiência fotossintética. Encontraram que a produção de matéria seca produzida com um IAF de 3,3, sofreu uma redução acentuada das folhas superiores para os inferiores, sendo quatro vezes maior nas primeiras. A intensidade luminosa medida sofreu uma redução de aproximadamente 80% da região do ponteiro para a parte basal da planta. A queda da eficiência das folhas em função da sua posição mais baixa foi também observada por ALLISON e WATSON (1966), os quais verificaram serem as folhas superiores, médias e inferiores responsáveis por 40; 35 a 40 e 5 a 25 por cento da matéria seca produzida após o florescimento, respectivamente.

Quando a cultura de milho encontra-se em fase inicial de crescimento, praticamente não há competição por luz entre as plantas, e todas as folhas a recebem abundantemente.

Nestas circunstâncias o IAF é muito baixo, sendo ele o fator mais limitante à produção de matéria seca. Com o desenvolvimento da cultura, o problema do sombreamento mútuo entre plantas, e entre folhas da mesma planta acentua-se, atingindo um máximo por ocasião do máximo de IAF que ocorre em torno do florescimento. Nesta fase, para plantas do grupo C<sub>3</sub> como o arroz, por exemplo, segundo NORCIO e PANTASTICO (1973), as folhas superiores, recebem muito mais luz do que a necessária para a sua capacidade de síntese e, outras, as inferiores, recebem muito pouca luz, até mesmo a quem da necessária à compensação entre a síntese e a perda por respiração. Em milho, embora as folhas superiores não se saturem, mesmo nas horas de maior intensidade luminosa, elas entretanto sintetizarão com menor eficiência (EASTIN, 1969). Por outro lado, as folhas inferiores, como demonstrado, produzirão muito menor quantidade de matéria seca em função do sombreamento. Uma vez atingido o ótimo de IAF, este deixa de ser o fator limitante, passando a sê-lo a iluminação das folhas.

A maior limitação à obtenção de altas produções segundo LOOMIS e WILLIAMS (1963), é o tempo requerido para as plantas atingirem o ótimo de IAF, pois até que tal ocorra muita luz é perdida no solo, não sendo interceptada pela planta. Uma maneira que tem sido usada para contornar o problema é aumentar-se a densidade de plantio. Entretanto se esta é uma alternativa favorável na fase jovem da cultura, pode não o

ser quando esta alcança seu máximo em desenvolvimento, em função do efeito negativo do sombreamento de folhas, de elevada proporção de plantas estéreis e do aumento do acamamento. Isto implica em dizer que uma densidade de plantio que promova um ótimo de IAF resultará sempre em perdas substanciais de luz nas fases mais jovens da cultura, o que por outro lado somente poderia ser atenuado através de uma distribuição mais eficiente de plantas ou com a obtenção de plantas mais tolerantes a altas densidades de plantio (resistência ao sombreamento, folhas eretas, plantas baixas, etc.).

Mesmo quando a cultura atinge seu ótimo em IAF, uma certa proporção da luz é perdida no solo. DENMEAD *et alii* (1962) observaram numa cultura de milho com plantio em covas de quatro plantas, espaçadas de aproximadamente 1,0 m, após seu máximo em IAF, que a intercepção da luz pelas folhas foi de 75% da irradiação total, sendo 73% captada apenas por aquelas acima da parte mediana da planta e 25% perdendo-se no solo. Estes autores consideraram por outro lado, que uma distribuição melhor das plantas poderia diminuir as perdas. Segundo DUNCAN (1972) a melhor maneira de disposição das plantas para maior intercepção de luz solar é a equidistante e, nestas circunstâncias com IAF calculado igual a 3, em torno de 10% de luz incidente não é retida pelas folhas, alcançando o solo. Entretanto, como nas condições normais de cultivo o espaçamento das plantas é de 1,0 m entre linhas, e 20 cm entre plantas, e ain-

da, porque na prática, nem sempre se consegue obter IAF satisfatório, é possível que a perda de luz seja maior.

A luz que alcança o solo, além de não ser aproveitada, trás, como já foi dito, problemas adicionais à cultura, como maior incidência de plantas daninhas e perda de água por evaporação. TANNER *et alii* (1960) consideraram que 80% da energia disponível para a evaporação da água do solo é proveniente da radiação solar direta, que penetra através da folhagem da planta e apenas 20% da radiação indireta. Segundo estes autores numa população de 54.000 plantas por hectare, com as plantas inteiramente desenvolvidas, a evaporação pode representar cerca de 25 a 35% da água total evapotranspirada. Considerando-se ainda o ciclo todo da planta, esta proporção deve ser muito maior pois a incidência direta da luz no solo nas fases jovens da cultura também o é. YAO e SHAW (1964) avaliaram a eficiência do uso da água em densidade de 35.000 a 70.000 plantas por hectare e chegaram à conclusão de que no espaçamento mais fechado, o uso da água foi menor e mais eficiente e, que o aumento da densidade de plantio aumentou o consumo de água, porém numa proporção menor relativa ao número de plantas.

Outro aspecto muito importante relativo a interceptação da luz solar se refere ao período no qual as folhas permanecem ativas. CROSBIE e MOCK (1981) avaliaram três populações melhoradas de milho e encontraram que pelo menos uma de

las teve na maior duração do período ativo das folhas, uma das principais causas do aumento da produtividade. O retardamento do início da senescência das folhas aumenta a duração do período de intercepção da irradiação solar e conseqüentemente aumenta a produção de matéria seca que pode ser convertida em grãos.

### 2.5.3. Arquitetura Foliar

Tem sido geralmente aceito entre os pesquisadores que uma das maiores limitações ao aumento da produtividade potencial do milho se refere à sua capacidade de utilização da luz solar.

Conforme já foi considerado anteriormente, a produção do milho aumenta linearmente com o IAF, como resultado de uma maior intercepção de luz. Entretanto, a partir de determinado limite, a resposta é alterada, tornando-se até mesmo negativa. DUNCAN (1971) e (1972) através de observações teóricas considerou haver uma fase linear entre a produção e a densidade de plantio, a qual é seguida por outra em que a produção por planta cai com o aumento da população, elevando-se, entretanto, a produção por área até um limite por volta de um IAF em torno de quatro, além do qual ela também cai. O aumento da densidade de plantio além do valor ótimo de IAF, na expectativa de aumentar-se a intercepção da luz solar, traz vários problemas para a cultura destacan

do-se o aumento na frequência de plantas estéreis, como um dos mais importantes fatores para a redução da produção (LAMBERT, 1971; BUREN *et alii*, 1974; LAMBERT e TOMNISON, 1978). Este fato tem sido demonstrado ser associado ao aumento do sombreamento de folhas (EARLEY *et alii*, 1966) e portanto plantas tolerantes ao sombreamento ou que permitam maior penetração de luz têm menor frequência de plantas estéreis (STINSON e MOSS, 1960; WILLIAMS *et alii*, 1965; PENDLETON, 1968; LAMBERT, 1971; DUNCAN, 1972 e LAMBERT e JOHNSON, 1978). BUREN *et alii* (1974) avaliaram vários híbridos simples em densidades de até 98.000 plantas por ha, durante três anos, concluindo que as seguintes características indicam tolerância a plantios mais densos: coincidência do florescimento masculino e feminino, emissão rápida da primeira espiga, pendão menor, prolificidade e ainda produção eficiente por área foliar.

Outro problema que cresce com o aumento da densidade de plantio é o acamamento de plantas, o qual eventualmente pode ser até mesmo mais limitante que as plantas estéreis (TOLLENAAR, 1977). Neste caso também, plantas que permitem maior penetração da luz solar podem amenizar o problema. ARIYANAYAGAM *et alii* (1974) obtiveram uma população de plantas de folhas eretas que apresentaram maior resistência ao acamamento. O porte baixo das plantas tem sido também considerada como fator importante de resistência ao acamamento e de to-

lerância a plantios mais densos (GALVÃO e PATERNIANI, 1974; RISSI *et alii*, 1976). Outros problemas relacionados com densidades altas de plantas tem ainda sido relatados, como diminuição do período de enchimento de grãos, menor peso e número de sementes, menor número de folhas e área foliar da planta, menor produção por planta individual (EIF e HAWAY, 1965; LAMBERT e JOHNSON, 1978). O mútuo sombreamento de folhas é uma consequência importante do aumento da densidade de plantio, e que influi na eficiência de síntese da planta. STINSON e MOSS (1960) entretanto chamaram a atenção para as diferentes respostas do milho às variações na densidade de plantio, em função das interações do genótipo. Este autor observou que híbridos classificados como mais ou menos tolerantes a altas densidades, mantiveram o mesmo desempenho quando submetidos a sombreamento artificial. A obtenção por seleção, de populações tolerantes a altas densidades foi citada por LAMBERT (1971) com um meio de se atender à tendência de seu aumento visando melhor aproveitamento da luz solar.

Do ponto de vista da arquitetura foliar, plantas de folhas mais eretas têm sido sugeridas como um dos meios de aumentar-se a eficiência das gramíneas no aproveitamento da energia solar. Em arroz, por exemplo, vários trabalhos têm demonstrado a superioridade, acentuada, dos tipos modernos de plantas caracterizadas principalmente pelas suas folhas eretas

e porte baixo (DATTA *et alii*, 1968; SAINI, 1976; PARIS, 1980), os quais têm aumentado a produtividade de arroz em muitas regiões do mundo. Também em outras culturas tem sido demonstrado um efeito positivo das folhas mais eretas, como em trigo e centeio, conforme revisão bastante completa apresentada por TRENBATH e ANGUS (1975) a respeito de inclinação de folhas.

Em milho, conforme já discutido previamente, a produção de matéria seca por planta não cresce linearmente com a intensidade luminosa, haja visto que com aproximadamente 50% da luminosidade máxima a planta pode atingir em torno de 80% da fotossíntese máxima, e acréscimos de luminosidade não resultarão em produção proporcional de matéria seca (MOCK e PEARCE, 1975). Isto significa que em luminosidade alta a folha é pouco eficiente na utilização da luz solar. Nestas circunstâncias, o ideal seria que mais folhas da planta estivessem recebendo luz, porém em níveis menores que os recebidos pelas folhas superiores. Com as plantas tradicionais, ao aumentar-se o IAF, aumenta-se a interceptação da luz solar, sendo que apenas as folhas superiores recebem a luz, ficando as inferiores sombreadas, tanto mais quanto maior o IAF. As folhas mais eretas, por outro lado, permitem um aumento da área foliar da cultura sem os agravantes do sombreamento de folhas, promovendo uma melhor distribuição da radiação solar para um maior número de folhas, o que é teoricamente favorável para a obtenção de maiores produtividades (DUNCAN, 1972).

Outro aspecto que vale a pena ressaltar, se refere ao fato de que a densidade de plantio é função do IAF máximo ideal da plantação, obtido por ocasião do florescimento quando a competição entre plantas por luz também é máxima. Como já foi visto nesta revisão, densidades de plantio acima ou abaixo da faixa ideal resultam em queda da produção. Disto resulta que nas fases jovens da cultura, haverá abundância de luz para cada planta e perda de um grande excedente, não interceptado pelas folhas das plantas ainda pequenas. Aquelas de folhas eretas, entretanto, por terem a característica de suportarem um ótimo de IAF máximo em níveis bem maiores, podem por consequência, serem plantadas também em densidades mais elevadas. Com isto, um maior número de plantas vai se beneficiar da abundância da luz nas fases mais jovens sem que resulte em problemas de sombreamento na fase adulta, como ocorre nas tradicionais, graças à maior distribuição da luz solar entre suas folhas.

O aumento da população de plantas, segundo PENDLETON (1968) resultará em consumo um pouco maior de água ou nutrientes, mas por outro lado terá substancialmente aumentada a capacidade da exploração do ambiente luminoso. As folhas eretas, como já foi dito, permitem também um nível de luminosidade maior em todos os extratos da copa da planta e apesar de nas plantas tradicionais as folhas inferiores contribuírem relativamente pouco para a produção total de matéria seca, de

acordo com MOSS e PEASLEE (1965), elas guardam, por outro lado, quase o mesmo potencial de síntese que as do ponteiro, desde que adequadamente supridas de água nutrientes e mesma intensidade de luz. As folhas eretas têm a vantagem de explorar também um pouco mais este potencial. MOSS (1964) demonstrou que as folhas de milho fotossintetizam igualmente tanto na sua superfície superior quanto na inferior, desde que sob a mesma intensidade de luz e portanto as folhas eretas por exporem mais sua face dorsal à luz, não são prejudiciais por isto.

Segundo DONALD (1968) plantas fortemente competidoras, como são as variedades tropicais de milho, podem não ser as mais interessantes para produção em comunidades homogêneas, pelo gasto adicional de energia no processo de competição, o que não ocorre com as de folhas eretas que são menos competidoras.

A despeito das considerações teóricas que têm mostrado uma grande possibilidade de se aumentar a produção da cultura do milho via folhas eretas, os resultados de pesquisa a respeito têm sido conflitantes e pouco conclusivos, apesar de um número relativamente grande de trabalhos já realizados (EVANS e WARDLAW, 1976).

Um dos primeiros trabalhos publicados a respeito do comportamento de plantas com folhas eretas em milho, em condições de campo, foi realizado por PENDLETON *et alii* (1968).

Os autores avaliaram o efeito de folhas eretas através de um híbrido (C103 x Hy) em duas formas isogênicas para o caráter "liguleless-2" ( $lg_2$ ). Os genótipos normais apresentavam folhas horizontais e pendões ramificados, enquanto que os tipos "liguleless" apresentavam folhas eretas e pendões menos ramificados. O trabalho foi desenvolvido numa população de 59.304 plantas/ha no espaçamento de 50 cm entre linhas e na linha, uma planta a cada 33 cm. Para um IAF similar, em torno de quatro, os autores observaram uma produção 41% maior para a forma de folhas espetadas. As produções foram associadas à percentagem de plantas estérteis nas populações, sendo maiores na forma de folhas normais. O híbrido estudado segundo os autores, foi considerado de pouca tolerância ao sombreamento, e por este fato o de folhas espetadas, com maior distribuição de luz, produziu mais. De acordo com TRENATH e ANGUS (1975) o híbrido sensível ao sombreamento usado no trabalho não representa a média das cultivares de milho e portanto os resultados de Pendleton e colaboradores superestimaram o efeito de folhas eretas.

PENDLETON *et alii* (1968) desenvolveram também um outro trabalho, no qual orientaram artificialmente as folhas das plantas, por meio de fitas de polietileno transparentes, tornando-as todas eretas ou alternativamente apenas aquelas acima da espiga. Utilizaram um híbrido comercial e as mesmas condições de plantio do ensaio anteriormente relatado. Os tra-

tamentos com as folhas eretas (20% do vertical) e, apenas com as superiores eretas, produziram respectivamente, em torno de 7% a 14% mais do que as plantas normais. Estes resultados levaram PENDLETON (1968) a recomendar como planta ideal aquela que tivesse as folhas superiores eretas e as inferiores na posição normal. Estas aproveitariam a luz não interceptada pelas superiores e exerceriam um efeito de competição com as plantas daninhas, graças a um maior sombreamento do solo. A este respeito, TRENBATH e ANGUS (1975) consideraram, em sua revisão, que a configuração da planta que, pelos estudos de predição, teoricamente deveria maximizar a produção, varia com o IAF. Para valores moderados do mesmo, o ideal seria plantas com as folhas eretas as quais se tornariam progressivamente mais horizontais na medida que se situassem mais baixo na planta. Com valores de IAF maiores ou menores, o ideal seriam as folhas dispostas cada vez mais eretas ou mais horizontais, respectivamente. Outros trabalhos com folhas verticais por manipulação artificial têm mostrado um efeito positivo na produção. WINTER e OHLROGGE (1973) observaram que nas baixas densidades de plantio, as plantas com folhas normais foram mais produtivas, porém em altas densidades, as plantas com as folhas mantidas verticais superaram as normais. Em condições ótimas para as duas categorias, as plantas com folhas verticais produziram mais, embora as diferenças não tenham sido significativas. KATTA e GIL (1970) também por meio de manipulação das folhas observaram uma produ

ção em torno de 8% a mais para as eretas, em uma população de plantas baixas.

Outros trabalhos de natureza genética têm também concordado com as observações de Pendleton. LAMBERT(1971) por exemplo avaliaram vários híbridos isogênicos para a condição de folhas normais (30 a 40° com a vertical) e eretas, nas formas "*liguleless - 1*" (6 a 10° com a vertical) e "*liguleless-2*" (8 a 11° com a vertical). Dois destes híbridos que melhor responderam às folhas eretas, foram avaliados nos espaçamentos de 50 cm entre linhas e nas densidades de 45.000 a 90.000 plantas/ha. A forma "*liguleless - 2*" na sua melhor densidade (75.000 plantas/ha) produziu em média 7% a mais que a forma normal também na sua densidade ótima (60.000 plantas/ha). Resultados de mais três anos de avaliação dos materiais foram apresentados por LAMBERT e JOHNSON (1978). As densidades ótimas permaneceram as mesmas e a diferença em favor da ereta diminuiu para 4,3%. Estes mesmos autores em três outros híbridos, nas mesmas três formas isogênicas, observaram que a forma "*liguleless-2*" foi superior à normal em produção em 9,7% e 48,9%, nas densidades de 78.457 (50 cm x 25 cm) e 156.915 (50 cm x 13 cm) plantas/ha, respectivamente. A forma "*liguleless 1*" em nenhum caso sobressaiu em relação à forma normal. Dos seus dados os autores concluíram que os tipos de folhas eretas requerem maior densidade de plantio que os tipos normais para um ótimo de produtividade.

Outros resultados não têm demonstrado vantagens para as formas eretas. No trabalho de LAMBERT (1971) de vários híbridos, todos nas formas isogênicas normal,  $lg_1$  e  $lg_2$ , quatro deles, avaliados numa população de aproximadamente 80.000 plantas/ha, em dois espaçamentos (51 cm e 76 cm) comportaram-se diferentemente. No espaçamento mais fechado as produções foram menores de modo geral e as formas eretas nos dois espaçamentos tenderam a diminuir a produção em dois híbridos e a mantê-la em dois outros.

Também RUSSEL (1972) e HICKS e STUCKER (1972) trabalharam com materiais de folhas eretas em várias densidades de plantio, porém não encontraram vantagens para as mesmas. Efeitos negativos para a produção foram obtidos por POZAR (1981), o qual avaliou folhas eretas com e sem lígula em relação à testemunha normal, em vários espaçamentos entre linhas, e número constante de plantas na linha. As plantas de folhas normais, no espaçamento de máxima produção superaram as eretas, em torno de 20%. ARIYANAYAGAM *et alii*. (1974) desenvolveram um programa de seleção fenotípica bidirecional em uma população, obtendo populações de folhas eretas ( $\pm 25^\circ$  com a vertical) e mais flácidas (50 a  $54^\circ$  com a vertical). Estas populações foram avaliadas em densidades de 40.000 a 80.000 plantas/ha, não tendo sido observadas diferenças em produção entre elas. Estes autores observaram que folhas com diferentes ângulos em relação ao caule podem ser obtidas com certa facilidade dada a al-

ta herdabilidade observada para o caráter. A este respeito SILVA *et alii* (1976), sugeriram melhoramento poligênico dado uma série de problemas causados pelo gene  $lg_2$ .

Em função da não concordância dos resultados obtidos pelos diferentes autores, MOCK e PEARCE (1975), levantaram diversos pontos que segundo eles estariam influenciando nos resultados. Os genótipos usados nestes estudos nem sempre possuíam o tipo desejado de folha eretas mas, por exemplo, os ápices pendentes causando sombreamento das folhas inferiores. A densidade de plantio nem sempre foi o ótimo para a manifestação da capacidade das eretas. A diferença de ângulo entre as eretas e normais em alguns casos foi muito pequena para provocar mudanças detectáveis na produção. Segundo SILVA *et alii* (1976), a maneira de se medir o ângulo foliar pode levar a erros de interpretação, haja visto que plantas de folhas eretas e normais podem ter o mesmo ângulo na base da folha em relação ao caule, sendo que as primeiras mantêm-se eretas em todo o seu comprimento, enquanto as últimas são flácidas. TREMBATH e ANGUS (1975) chamam a atenção para a variação dos genótipos quanto à tolerância ao sombreamento.

Outro fator limitante e que está associado ao genótipo se refere à capacidade de estocagem dos produtos fotossintetizados, a qual sendo limitante de nada resolveria melhorar a eficiência da fonte (ARIYANAYAGAN *et alii*, 1974).

Outro aspecto que vale a pena ser lembrado é que a introdução de um gene, como o  $lg_2$ , o qual provoca uma mudança acentuada na fisionomia da planta, dificilmente encontrará uma condição de harmonia num genótipo selecionado durante muito tempo sem sua presença e por consequência é de se esperar que a falta de equilíbrio entre os caracteres da planta resultem em queda da performance da mesma.

## 2.6. Prolificidade

A planta de milho apresenta um potencial inerente de prolificidade de espigas, conforme SASS e LOEFFEL (1959) demonstraram ao observarem que várias ramificações laterais axilares sofrem diferenciação floral, muito embora, em geral apenas uma delas (a superior), se desenvolva com produção de grãos. O termo prolificidade, neste trabalho, será usado para referir-se às plantas com mais de uma espiga por colmo. Segundo HALLAUER e TROYER (1972) a ausência de prolificidade dos milhos atuais é consequência de pressão de seleção exercida pelo homem, durante um longo período, no sentido de se ter espigas maiores. Entre os milhos mais primitivos haviam muitos que produziam várias espigas por planta (BROWN, 1965), tanto em função do perfilhamento do colmo como do maior número de espigas em cada um.

Os milhos considerados não prolíficos podem, entretanto, apresentarem-se como tal, em condições especiais de disponibilidade de água e nutrientes e sob baixas densidades de plantio. Segundo TSOTSIS (1972) as folhas inferiores da planta é que suprem a formação da segunda espiga, e para tanto é necessário que as mesmas estejam suficientemente iluminadas para que quantidades de matéria seca adequadas sejam fornecidas. Isto normalmente ocorre sob baixa densidade populacional, pois o contrário levaria ao mútuo sombreamento das folhas com acentuada perda de eficiência das inferiores. Os tipos prolíficos, por outro lado, mantêm esta sua característica mesmo em densidades relativamente maiores pois, segundo o referido autor, desenvolvem um mecanismo que permite um suprimento similar de nutrientes para ambas as espigas.

Mesmo nos tipos prolíficos, a espiga superior é geralmente maior que a inferior, o que, segundo PATERNIANI (1981) é função de um efeito de dominância apical presente na planta de milho, em face da qual as partes superiores da planta têm prioridade pelos fotossintetizados. Desta forma, não somente o efeito da posição relativa da fonte e depósito influi na alocação dos fotossintetizados, mas também a dominância apical, a qual segundo ANDERSON (1967) é determinada por um balanço hormonal entre as partes que demandam pelos assimilados. Plantas com acentuada dominância apical podem ter até o dobro de aci-

do indol acético (AIA) no pendão. Plantas macho estéreis têm cerca da metade do teor de AIA que a respectiva versão normal. Os milhos prolíficos tem também menor teor de AIA, sendo considerados como de menor dominância apical (HALLAUER e TROYER, 1972). Dada esta relação observada, quanto menos prolífico o material, maior a dominância apical, sendo possível que a seleção de plantas com uma espiga tenha acentuado o efeito desta dominância (ANDERSON, 1967; PATERNIANI, 1981).

A produção de uma planta está sujeita a vários fatores, os quais não sendo fornecidos adequadamente podem provocar uma redução em seu desempenho. Segundo BROWN (1965) a reação da planta a agentes estressantes, vai depender de sua intensidade, podendo resultar na redução do número de fileiras de grãos da espiga, abortamento dos grãos do seu ápice e ainda em casos de estresse muito intenso, no não desenvolvimento de espigas com sementes. Especialmente em função da tendência de se plantar mais densamente, um dos principais problemas, como já foi discutido, é o aparecimento de frequências altas de plantas estéreis. A forte competição por água, luz e nutrientes, que se estabelece nas altas densidades leva a planta a formar preferencialmente o pendão, e se possível a espiga, em função de dominância apical (PATERNIANI, 1981). Os milhos prolíficos segundo Josephson, citado por COLLINS *et alii* (1965) suportam melhor as variações de umidade e fertilidade e também as varia

ções na densidade de plantio, pois são mais capazes de se ajustarem ao ambiente pela possibilidade de produzirem maior ou menor número de espigas por planta. Resultados semelhantes foram obtidos por COLLINS *et alii* (1965), com os tipos prolíficos sendo superiores nas menores e maiores densidades de plantio. RUSSEL (1968) por outro lado observou esta superioridade apenas nas densidades mais altas.

Uma revisão pormenorizada sobre os trabalhos relativos à prolificidade em milho foi apresentada por HALLAUER e TROYER (1972) e em resumo os autores concluíram que em todos eles os tipos prolíficos mostraram maior flexibilidade para se ajustarem às condições de estresse, através de uma menor interação genótipo e ambiente. Nas condições de baixa densidade de plantio produzem em média mais de uma espiga por planta e nas altas densidades as plantas estéreis não são um fator tão importante limitando a produção. Os tipos não prolíficos em condições de alta densidade de plantio, mostraram tendência de aumento da frequência de plantas estéreis, com comprometimento da produção e, nas baixas densidades podem não produzir número suficiente de espigas para compensar o menor número de plantas.

O aumento da produção e sua maior estabilidade são dois objetivos importantes que se tem conseguido com a seleção para o aumento da prolificidade das plantas. HALLAUER e

TROYER (1972) citaram um trabalho de Lonquist, no qual o autor obteve ganhos médios de 6,28% na produção por ciclo de seleção massal para prolificidade na população "*Hays Golden*". Também apresentaram resultados de Hallauer em que de 14 híbridos simples obtidos de material prolífico, sete foram significativamente mais produtivos do que a melhor testemunha dentre as seis utilizadas (híbridos de linhagens elites). Também PATERNIANI (1980) desenvolveu um esquema de seleção massal em ambos os sexos para prolificidade em duas populações de milho, tendo obtido em três ciclos de seleção, ganhos de 3,9% e 17,6% em prolificidade e 5,7% e 18,9% em produção, para as duas populações respectivamente. O ganho genético por seleção através de métodos tão simples como seleção massal, demonstram que é relativamente fácil a obtenção de materiais prolíficos. DUVICK (1974) conseguiu por retrocruzamento e seleção transferir em certo grau a prolificidade do milho pipoca para o milho comum, conseguindo nos tipos obtidos, produtividade tão alta e até mais elevada que as formas originais. SOUZA Jr. *et alii* (1981) observaram na população "*Suwan*" uma herdabilidade no sentido restrito em torno de 40% e ainda uma correlação entre prolificidade e produção da ordem de 0,94.

Um problema que tem sido observado nos tipos prolíficos é o seu maior acamamento (DUVICK, 1974). Entretanto segundo HALLAUER e TROYER (1972) o problema também ocorria nos

tipos não prolíficos e por seleção este defeito pode ser corrigido.

## 2.7. Influência do Pendão na Produtividade

O tamanho do pendão é outra característica bastante estudada e que tem demonstrado estar relacionada com a eficiência na produção de grãos. Vários trabalhos têm demonstrado que a redução do tamanho do pendão, sua remoção, ou esterilidade têm resultado em diminuição da frequência de plantas sem espigas, além do efeito de seu sombreamento, resultando no aumento da produção das plantas, especialmente quando sob condições desfavoráveis de água, nutrientes e mesmo forte competição entre indivíduos em densidades de plantio acima do normal.

Em revisão apresentada por GROGAN (1956) foram citados alguns trabalhos do século passado que já demonstravam a superioridade produtiva das plantas despendoadas. Este autor, trabalhando com dois híbridos e três variedades, observou que a produção das plantas despendoadas foi maior em condições de deficiência de água, baixa fertilidade e plantios mais densos. Entretanto em condições não limitantes e de alta produtividade o seu efeito não foi notado. Os ganhos em produção foram consequência de menor número de plantas estéreis, espigas maiores e maior prolificidade para os tipos prolíficos

avaliados. Segundo ainda o mesmo autor, o comportamento inferior das plantas com pendão pode ter uma explicação razoável, uma vez que o pendão desenvolvendo-se primeiro que a espiga demanda para si os assimilados disponíveis. Por outro lado, quando estes são limitados, por ocasião do desenvolvimento da espiga podem não ser suficientes, provocando redução em seu desenvolvimento, ou mesmo seu abortamento. Esta dominância apical tem sido confirmada por ANDERSON (1967) através de estudos de equilíbrio hormonal, por SANFORD *et alii* (1965) ao demonstrarem uma maior concentração de nitrogênio nos pendões de plantas férteis em relação às estéreis, e que este nitrogênio usado para produção de pólen poderia ser o responsável pela diferença na produção observada e, por PATERNIANI (1981 e 1981b) ao demonstrar que o tamanho do pendão influi na posição relativa da espiga no colmo. Segundo este autor, sendo o pendão também um depósito importante, além da espiga, ele na medida de seu maior tamanho, exercerá uma forte atração pelos fotossintetizados, e assim influirá na posição da espiga que se desenvolverá em posição mais alta na planta onde os fotossintetizados se encontram em maior concentração por influência do pendão.

Outro efeito muito importante do pendão é o seu sombreamento sobre as folhas o qual será tanto maior quanto maior for o pendão e a densidade de plantio. DUNCAN *et alii* (1967) realizaram estudos com o híbrido '*Pioneer 3558*' e concluíram que o sombreamento pelo pendão, pode levar a reduções

na produção de 4% a 12%, para densidades de 25.000 a 75.000 plantas/ha. Deve-se observar que os milhos americanos tem pendões menores que os brasileiros e, assim sendo, para as nossas condições deve-se esperar reduções mais acentuadas na produção. Para verificar o efeito do sombreamento pelo pendão, HUNTER *et alii* (1969) fizeram um trabalho em que a planta com o pendão produziu 4.700 kg/ha, sem o pendão 5.600 kg/ha e com o pendão cortado, porém recolocado no mesmo lugar, 4.600 kg/ha. Pelos seus dados o pendão não competiu por nutrientes mas pela energia solar, ao interceptá-la e sombrear as folhas. Os autores chamam a atenção para o fato de ao se arrancar o pendão a injúria provocada poderia estar afetando a produção, e portanto não se podemdo concluir categoricamente que não tenha havido competição entre pendão e espigas. Por outro lado, a densidade de plantio foi relativamente baixa e sabe-se que o efeito da competição do pendão é maior nas maiores densidades.

Como demonstrado por GROGAN (1956) o despendoamento pode aumentar a produção, com o que concordam os trabalhos de CHINWUMA *et alii* (1961), HUNTER *et alii* (1969), Schwanke citado por MOCK e PEARCE (1975) e LAMBERT e JOHNSON (1978). Por outro lado, pendões de plantas macho-estéreis também podem contribuir para produções maiores. CHINWUBA *et alii* (1961) observaram produções superiores das formas macho-estéreis em relação às respectivas versões normais, em torno de 41,2% e 20,6% para as densidades de plantio de 67.950 e 32.740 plantas/ha,

respectivamente. DUVICK (1958), demonstrou, por outro lado, que a produção de milho pode ser aumentada pela macho-esterilidade, mas que existe interação significativa entre esta e o genótipo em questão, bem como com o local e a densidade de plantio. Uma outra alternativa, que não o despendoamento ou macho-esterilidade, tem sido sugerida para a diminuição do efeito de dominância apical e sombreamento, e se refere à obtenção de pendões menores. BUREN *et alii* (1974) observaram correlações negativas e significativas entre pendões maiores e produção. Resultados semelhantes foram obtidos por GERALDI *et alii* (1977) e SOUZA Jr. *et alii* (1981).

O tamanho do pendão pode ser expresso pelo seu peso, comprimento, número de ramificações, número de espiguetas, entre outros, porém o número de ramificações tem demonstrado ser um dos meios mais viáveis para a sua avaliação. GERALDI *et alii* (1977) demonstraram que entre o peso e número de ramificações este último foi mais responsável pela correlação negativa com a produção e ainda de herdabilidade mais elevada (45,8%). ANDRADE e MIRANDA FILHO (1979) além destes dois componentes também avaliaram o comprimento do pendão, tendo encontrado herdabilidade maior para número de ramificações. Os valores encontrados para o coeficiente de herdabilidade foram de 61,6% e 74,1%, ao nível de plantas e média de progênes, respectivamente. Pelos dados obtidos por estes autores pode-se observar que o referido caráter é de fácil seleção e que através de uma simples seleção massal deve-se ter eficiência satis

fatória. Em um programa de seleção massal para menor tamanho de pendão, PATERNIANI e GERALDI (1980), em três ciclos de seleção no 'Piranão VD-2' conseguiram ganhos de 21% e, em um ciclo de seleção no 'Piranão VF-1' um ganho de 7% na redução do pendão. Com relação à produção não foram observadas diferenças na média dos dois ensaios realizados, entretanto no local de médias de produção mais baixas, a população de pendão menor produziu 6% a mais.

A literatura tem mostrado que a seleção para pendões pequenos diminui a dominância apical, o mesmo ocorrendo com o aumento da prolificidade, o que indica que estes dois caracteres devem estar estreitamente relacionados. SOUZA Jr. *et alii* (1981) conduziram um trabalho a respeito, e encontraram uma correlação genética aditiva entre produção de grãos e número de ramificações de -0,441, produção de grãos e prolificidade de 0,941, número de ramificações e prolificidade de -0,648. Entretanto, quando obtiveram as correlações aditivas parciais, observaram que a correlação entre produção e número de ramificações passou até mesmo a ser positiva (+ 0,655), quando eliminada a influência da prolificidade. A correlação negativa entre produção e número de ramificações é consequência da correlação positiva entre produção e prolificidade. Os autores chamaram a atenção, entretanto, para as condições de estresse de umidade ocorrida no ensaio e que devem ter aumentado a importância da prolificidade para o desempenho das progênias avaliadas.

## 2.8. Plantas de Porte Baixo

### 2.8.1. Obtenção de Plantas Baixas

Os melhoristas de milho no País têm reconhecido, de uma maneira geral, a necessidade da redução da altura das plantas como um meio de diminuir o acamamento de plantas. Isto tem sido feito através da introdução de gene braquítico-2 (br-2) ou pela seleção de plantas mais baixas em populações com variabilidade para o caráter. As duas alternativas são válidas, não havendo uma vantagem clara ou resultados experimentais que discriminem uma delas. Em conseqüências, os melhoristas tem trabalhado com uma ou outra alternativa, segundo suas preferências. No caso específico deste trabalho a preocupação será em relação à utilização do gene br-2 como meio de redução da altura da planta.

Vários genes maiores podem ser responsáveis pela redução da planta em milho. Entretanto o gene braquítico-2 tem sido considerado o que acarreta menores mudanças nas características agrônômicas e de espigas (SINGLETON, 1959; KHERA *et alii*, 1975; BANDEL, 1978). Em vista disto é também o gene mais apropriado para ser utilizado em melhoramento de plantas.

O caráter braquítico foi descrito pela primeira vez em milho por KEMPTON (1920) baseando-se nos conceitos de

COOK, citado pelo referido autor, o qual considerou como braquíticas as plantas baixas cujos internódios são mais curtos, sem uma correspondente mudança em seu número e tamanho de outros órgãos. Kempton citou os trabalhos de dois outros autores Hartley e Gernet os quais descreveram plantas anãs já em 1912 e que aparentemente deveriam tratar-se de braquíticas. Trinta anos após, LENG e VINEYARD (1951) descreveram o gene br-2 nos estoques de braquíticos "*Oakes dwarf*" e "*R<sub>4</sub> dwarf*". Os genes br-1 e br-2 foram considerados por LAMBERT (1963) situados em loci diferentes, do cromossomo 1. A forma braquítica é considerada recessiva e a dominância da forma normal, entretanto, nem sempre é completa. SCOTT e CAMPBELL (1969) noticiaram reduções em torno de 10% na altura das plantas, de cruzamentos entre linhagens normais e braquíticas, em relação aos respectivos cruzamentos de linhagens normal e normal. SINGLETON (1959) encontrou reduções em torno de 12%. Também KHERA *et alii* (1975), observaram decréscimos por volta de 15%, no porte das plantas heterozigotas para o gene br-2, de cruzamentos intervarietais entre a variedade braquitizada "*Vijav*" e outras variedades normais.

A introdução do referido gene em linhagens ou populações é muito fácil, por se tratar de uma herança mendeliana simples, e por isto é particularmente interessante ao melhoramento.

## 2.8.2. Alterações na Planta pelo Caráter Braquítico

As plantas braquíticas de milho caracterizam-se por uma marcante redução do comprimento dos internódios, especialmente aqueles abaixo da espiga (LENG, 1957), não havendo uma proporcional redução de outros órgãos. Embora esta afirmação tenha sido frequente na literatura, vários trabalhos têm demonstrado outras alterações na planta com a introdução do gene braquítico, ainda que não nas mesmas proporções como as reduções do comprimento dos internódios e conseqüentemente da altura da planta.

### 2.8.2.1. Alterações no Colmo da Planta

A redução da altura das plantas pelo gene br-2 em conseqüência do encurtamento dos internódios acima e abaixo da espiga, tem sido demonstrado claramente pela literatura. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados alguns resultados que demonstram a extensão destes efeitos, tanto em linhagens como em híbridos e mesmo em populações.

Pelo que se pode observar dos resultados na Tabela 1, a redução na altura das plantas variou bastante em relação aos diferentes genótipos nos quais o referido gene foi

Tabela 1 - Resultados médios obtidos por diferentes autores para os efeitos do gene br-2 na altura das plantas.

A u t o r e s	Natureza do Material	Altura das Plantas (cm)		
		Normais	Braquíticas	Braq./norm.(%)
ANDERSON e CHOW (1963)	Média de 3 híbridos simples	208(185-234) <sup>a/</sup>	137(124-150)	66(64-67)
SCOTT e CAMPBELL (1969)	Média de 4 linhagens	141( 86-178)	82( 75-100)	58(44-87)
	Média de 3 híbridos simples	256(254-258)	162(149-179)	63(59-70)
	Média de 4 híbridos simples			
	Br-2 br-2	233(229-242)		
BULOW (1971)	Braquítico 691		127	
	AG 105	195		65
CIMMYT (1972)	Tuxpeño	307	213	69
LEITE e PATERNIANI (1973)	Piranão		153	
	AG 257	224		68
	Centralmex	233		66
PATERNIANI (1975)	Piranão MIII		189(154-211)	
RISSI <i>et alii</i> (1976)	Piranão		190	
	CIII	255		74
SINGH e RAY (1979)	Média de 5 linhagens	221(187-244)	158(143-170)	71(62-82)
	Média de seus 10 híbr.simples	245(224-255)	177(166-193)	72(66-78)

<sup>a/</sup>Valores entre parênteses referem-se à amplitude dos dados observados.

Tabela 2 - Resultados médios obtidos por diferentes autores para os efeitos do gene br-2 na altura da espiga.

A u t o r e s	Natureza do Material	Altura da espiga (cm)		
		Normais	Braquíticas	Braq./norm.(%)
LENG (1957)	Híbridos braquíticos		(25-75) <sup>a/</sup>	
ANDERSON e CHOW (1963)	Média de 3 híbridos simples	90( 61-126)	57(33-73)	63(54-76)
SCOTT e CAMPBELL (1969)	Média de 4 linhagens	64( 27-105)	27(10-50)	42(24-78)
	Média de 3 híbridos simples	119(113-123)	65(59-78)	55(47-63)
	Média de 4 híbridos simples Br-2 br-2	107(104-111)		
CAMPBELL (1965)	Híbrido braquítico		45	
	Híbrido braq. modificado		75	
BULOW (1971)	Braquítico 691		60	
	AG 105	110		55
LEITE e PATERNIANI (1973)	Piranão		76	
	AG 257	131		58
	Centralmex	147		52
PATERNIANI (1975)	Piranão MIII		106(78-121)	
RISSI <i>et alii</i> (1976)	Piranão CIII	149	92	62

<sup>a/</sup> Valores entre parênteses referem-se à amplitude dos dados observados.

introduzido. No trabalho de SCOTT e CAMPBELL (1969), por exemplo, a introdução do gene em quatro diferentes linhagens promoveu reduções na altura que variaram de 44% a 87% das respectivas formas normais. Esta interação do efeito do gene com os diferentes genótipos foi observada tanto em linhagens como em híbridos (THOMPSON e EVERETT, 1963; SINGH e RAY, 1979). Aparentemente pelo que se pode observar nas Tabelas 1 e 2 esta interação foi maior ao nível das linhagens do que dos híbridos.

Além dos genes maiores que controlam a altura das plantas, como o br-2, existem também múltiplos genes menores que promovem no caráter uma herança quantitativa. A ação destes dois mecanismos e a interação entre eles é que vai determinar geneticamente a potencialidade de crescimento de uma planta (ANDERSON e CHOW, 1963).

A literatura tem noticiado um efeito diferente do gene braquítico-2 nos internódios acima e abaixo da espiga, reduzindo mais intensamente o comprimento destes últimos (THOMPSON e EVERETT, 1963). SCOTT e CAMPBELL (1969) encontraram, em híbridos de linhagens braquitizadas, reduções do comprimento dos internódios para 55% e 71% dos respectivos normais, para os internódios abaixo e acima da espiga, respectivamente. Nas Tabelas 1 a 2, os resultados apresentados referentes ao trabalho destes mesmos autores mostram valores médios para a altura de espigas de 27 cm e 65 cm para as linhagens e híbridos. avalia-

dos, respectivamente. Na amplitude da variação apresentada pelas linhagens observou-se em uma delas altura extremamente baixa de espiga, em torno de 10 cm.

A posição relativa da espiga sendo mais baixa na planta, apresenta a vantagem de oferecer maior resistência ao acamamento. Entretanto, quando muito baixa pode criar dificuldades para a colheita mecânica. Uma altura de espiga da ordem de 60 cm deve ser o critério mínimo aceitável para não haver problemas de colheita (ANDERSON e CHOW, 1963). Resultados apresentados por estes autores mostraram que de três híbridos simples estudados, um apresentou a altura de espiga com 33 cm, portanto abaixo do limite crítico. Pela Tabela 2 observam-se outros resultados em que alturas da espiga abaixo do desejado foram obtidas.

CAMPBELL (1963) observou que braquitizando-se linhagens mais altas, as formas braquíticas foram também mais altas bem como a altura da espiga. Segundo ele os híbridos de linhagens altas braquitizadas não devem apresentar problemas de altura de espiga, e a isto ele chamou de braquíticos modificados, pois em termos da altura, suas plantas estiveram mais próximos das altas do que das anãs. Por outro lado, PATERNIANI (1975) introduziu o gene br-2 numa variedade melhorada de milho de germoplasma "*Tuxpeno*", e encontrou uma variação para altura que ele considerou de muito baixa a praticamente plantas

altas. Por seleção o autor selecionou para porte médio (em torno de 190 cm) com altura de espiga satisfatória (em torno de 105 cm). É interessante notar que graças à ampla variação do porte na população braquitizada, pode-se selecionar para a altura de plantas e de espiga que se deseje. Numa avaliação de seis populações braquíticas de milho do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em cruzamentos dialélicos SOUZA Jr. e ZINSLY (1981) observaram variações de 157 cm a 195 cm e 85 cm a 122 cm entre as populações e seus híbridos para altura da planta e da espiga, respectivamente. Por estas observações pode-se verificar que a altura de planta e espiga estão dentro de padrões que somente podem auxiliar a colheita mecânica.

Como a altura da planta é função não somente do comprimento dos internódios, mas também de seu número, alguns trabalhos também estudaram o efeito do gen br-2 a este respeito. ANDERSON e CHOW (1963) não encontraram diferenças para o número total de internódios entre plantas normais e braquíticas, em três híbridos simples estudados. O número de internódios nas duas categorias de plantas esteve em torno de 16. Por outro lado, SCOTT e CAMPBELL (1969) encontraram uma redução de seu número nas formas braquíticas (10,3) em relação às normais (12,1), sendo esta diferença explicada especialmente pela mudança encontrada abaixo da espiga. Os resultados observados por estes dois últimos autores, entretanto, não refletem o nú-

mero real de internódios da planta pois a metodologia usada foi a de cortar a planta rente ao solo e na parte destacada superior contar-se o número de internódios. Como a forma braquítica deve ter maior número de internódios sob o solo, haja visto a não observação de raízes adventícias expostas, ficou subavaliada.

Uma das consequências mais importantes da diminuição do comprimento do colmo é a redução de seu acamamento, característica esta considerada por alguns melhoristas, nas condições brasileiras, como tão importante quanto a produção. Ganhos em produtividade podem não serem tão interessantes se o acamamento mantiver-se muito elevado. Especialmente quando a colheita é mecanizada sua importância se acentua mais, pois a máquina não coleta espigas do chão.

Observações interessantes foram feitas por LENG (1957) a respeito do acamamento de plantas braquíticas. Segundo o autor, numa condição particular onde ventos fortes provocaram o acamamento de praticamente todas as plantas dos híbridos normais, praticamente impossibilitando a colheita mecânica, nos braquíticos promoveu, em média, apenas 40% de acamamento, havendo híbridos que mantiveram 100% de suas plantas eretas. Resumindo suas observações de três anos o autor considerou que os braquíticos no geral apresentaram uma excepcional resistência ao acamamento os quais, notadamente sob condições desfavore-

ráveis, apresentaram grau de resistência não comparável com qualquer dos híbridos normais testados.

ANDERSON e CHOW (1963) estudaram separadamente o acamamento por quebra do colmo e de raiz e encontraram uma resistência elevada dos braquíticos (média de três híbridos simples) em relação aos normais quanto ao quebramento do colmo sendo observados os valores de 2,5% e 23,0%, respectivamente. Quanto ao acamamento de raiz a avaliação foi feita por nota, e em dois dos três híbridos estudados não houve diferença entre as versões normais e braquíticas, porém para o terceiro notou-se um maior acamamento para a forma braquítica. Resultados semelhantes foram obtidos por BÜLOW (1971) o qual na comparação entre uma variedade braquítica e um híbrido normal usado como testemunha, encontrou 12,7% e 22,5% de plantas com colmo quebrado, e 20,8% e 20,0% de plantas acamadas pela raiz, respectivamente. Ao comparar algumas populações e híbridos braquíticos, PATERNIANI (1980) observou uma média de 25% de plantas acamadas e apenas 4% de quebradas, o que segundo o autor demonstra uma tendência a menor quebramento de colmos em relação ao acamamento de raiz.

Outros autores também têm relatado menor acamamento para as formas braquíticas em relação às normais, sem discriminar a sua natureza (CAMPBELL, 1965; SINGH e RAY, 1979). Isto tem sido explicado em função de um centro de gravidade mais

baixo na planta baixa. A nosso ver o melhor comportamento obtido pelas formas braquíticas quanto ao quebramento também pode ser explicado por uma aproximação maior dos nós das plantas, os quais têm nas suas proximidades um tecido mais resistente e um diâmetro maior. O próprio caule tem sido observado ser mais grosso nas formas braquíticas (THOMPSON e EVERETT, 1963; LEITE e PATERNIANI, 1973; GALVÃO e PATERNIANI, 1974).

#### 2.8.2.2. Alterações nas características foliares

Como foi visto, aparentemente não há variação no número de internódios entre versões normais e braquíticas. Logo como esta característica está associada ao número de folhas da planta, para esta também não deve-se esperar variações entre os tipos de planta considerados. ANDERSON e CHOW (1963) estudando o caráter número de folhas em três híbridos simples nas versões normais e braquíticas em diferentes fases do ciclo das plantas, observaram que, em média, não houve diferenças entre as plantas baixas e altas, embora tenham observado aos 95 dias um maior número de folhas ativas para as formas braquíticas, o que foi atribuído pelos autores a uma maior persistência das folhas neste tipo de planta. SINGH *et alii* (1979) encontraram resultados similares, ao verificarem em cinco linhagens

e nos seus respectivos dez híbridos, nas formas normais e braquíticas, não haver diferença entre as médias das mesmas quanto ao Índice de Área Foliar em diversas fases de todo o ciclo das plantas. Um trabalho mais detalhado foi desenvolvido por STEIN (1955) o qual observou a formação de folhas em linhas isogênicas diferindo para o caráter br-2, durante a embriogênese e fase de plântula. Os seus dados demonstraram que o número de folhas formadas, em torno de 19 no total, foi muito similar entre os dois materiais.

Medições realizadas, na folha do n<sup>o</sup> da primeira espiga, por ANDERSON e CHOW (1963), mostraram que em dois híbridos simples, as formas braquíticas apresentaram folhas significativamente mais curtas com aproximadamente 12,5 cm a menos do que a forma normal, porém também significativamente mais largas em torno de 1,5 cm. Como consequência, não houve variação entre as formas altas e baixas quanto à área da respectiva folha. Num terceiro híbrido, entretanto, observaram um aumento da área da referida folha, na forma braquítica, em função de um aumento na largura da folha sem um respectivo encurtamento da mesma.

A despeito de ser aceito de modo geral que o gene br-2 atua aumentando a largura das folhas (POEY, 1973), é possível verificar-se, em populações com variabilidade genética e braquitizadas, plantas baixas e de folhas até mesmo mais estreitas

que a média observada na população original antes da introdução do referido caráter.

### 2.8.2.3. Influência na Produção e seus Componentes

De uma maneira geral os estudos sobre o efeito do gene br-2 na produção têm sido feitos predominantemente em híbridos de linhagens braquitizadas, ou mesmo em linhagens, e os resultados mostrados pela literatura têm sido desestimuladores. No geral as produções das formas braquíticas têm sido inferiores às respectivas versões normais, conforme se pode observar na Tabela 3 que resume os dados de alguns trabalhos a respeito. Entre os 11 citados, oito apresentaram resultados negativos para as formas baixas.

Devido às produções insatisfatórias das plantas braquíticas e em função da controvérsia criada a respeito de seu valor, a revista CROPS AND SOILS (1960) ouviu vários especialistas a respeito do futuro dos respectivos milhos e algumas opiniões valem a pena serem consideradas aqui.

O Dr. Leng e Dr. Anderson consideraram que embora as produções das formas braquíticas sejam no geral inferiores (20%), em alguns casos têm se mostrado superiores, o que

Tabela 3 - Resultados médios obtidos por diferentes autores para os efeitos do gene br-2 na produção das plantas.

A u t o r e s	Natureza do material	Produção das plantas (kg/ha)		
		Normais	Braquíticas	Braq./Norm. (%)
LENG (1957)	Média de 10 locais do híbrido U.S. 13 (USA)	2883(1986-3482) <sup>a/</sup>	2611(2176-3182)	91(80-110)
ANDERSON e CHOW (1963)	Híbridos simples			
	MI4 x Oh43	1852	2236	120
	Hy2 x L317	2709	2625	97
	III.A x W22	1918	1994	103
CAMPBELL (1965)	Avaliação de vários híbridos por 5 anos	2600(2258-3237)	2540(2122-2910)	98(87-107)
BULOW (1971)	Braquítico 691 AG 105	2909	953	33
PATERNIANI (1971)	Piramex br-2 H6999B	13208	13730	104
ARBOLEDA et alii (1974)	Híbridos duplos			
	Diacol H.253	5688	4527	80
	ICA H.207	5747	4930	86
	ICA H.S.209	5881	5880	100
PATERNIANI (1975)	Piranoão		6086	
	Agroceres 257 Centralmex	6006		101
		5699		107
RISSI et alii (1976)	Piranoão		6028	
	Híbrido C-111	7370		82
PATERNIANI et alii (1977)	CIMMYT br-2		6063	
	Piranoão VD.2		6413	
	Piranoão VF.1		6214	
	Hmd 7974	8061		(70-80)
SINGH e RAY (1979)	Média de 5 linhagens	3081(2594-3525)	2075( 925-2781)	67(30-107)
	Média de seus 10 híbridos	3882(3494-4244)	3345(2862-3781)	86(74- 97)

<sup>a/</sup>Valores entre parênteses referem-se à amplitude dos dados observados.

demonstra uma certa potencialidade para o futuro. Quanto à maior facilidade da colheita mecânica em função do menor acamamento e volume de planta dentro da colhedeira, a posição muito baixa da espiga, por outro lado, pode ser desvantajosa, pois, especialmente em condições de baixa umidade, pode levar a uma perda muito grande, uma vez que as espigas muito baixas podem não ser colhidas pela máquina.

O Dr. Lonquist, embora não trabalhando com os braquíticos considerou que a menor produtividade de tais materiais poderia ser superada por melhoramento e, no futuro obter-se tipos tão produtivos quanto os de porte normal. Acrescentando, o Dr. Sprague sugeriu que outros métodos que não exclusivamente os de retrocruzamento deveriam ser utilizados.

Um dos primeiros programas a trabalhar com certa intensidade com o gene braquítico foi o da "*Illinos Exp. Estation*" (U.S.A.) e que foi relatado por LENG (1957). Entretanto seus resultados foram considerados pelo autor como desencorajadores, pela redução nas produções dos híbridos de porte baixo (Tabela 3). O autor citou ainda observações de uma menor capacidade de competição com as plantas daninhas.

No Mississippi (USA) o programa com braquítico iniciou-se em 1957 e CAMPBELL (1975) relatou os resultados obtidos, onde híbridos braquíticos (Tabela 3) foram obtidos com pro

duções até mesmo semelhantes e maiores que os tipos normais. O autor chamou a atenção para se trabalhar com o que ele chamou de braquíticos modificados, isto é, plantas que se aproximem em porte, mais das normais do que das anãs. Também o referido autor ressaltou vários fatores que segundo ele foram responsáveis pelo insucesso no trabalho com braquíticos. O porte excessivamente baixo de linhagens braquitizadas reduziu seu potencial produtivo ao ponto de muitas vezes inviabilizá-las totalmente. O autor sugeriu a introdução do gene br-2 em linhagens originalmente de porte alto, obtendo-se assim braquíticos mais altos também. As plantas baixas deveriam ser avaliadas em áreas onde a altura das plantas normais constitui-se em problema real. Programas relativamente pequenos de conversão de híbridos limitaram, em muitas circunstâncias as possibilidades de sucesso, não permitindo, por uma questão de probabilidade, a obtenção de genótipos compatíveis com o gene br-2. A pressa na obtenção de híbridos braquíticos fez com que poucas gerações de retrocruzamento fossem empregadas na incorporação do respectivo gene às linhagens, não se recuperando com isto a capacidade de combinação das mesmas. Não se utilizou a ação dos genes modificadores. Os testes no geral foram feitos em condições de manejo semelhantes ao das plantas altas, sendo que o certo seria comparar os dois materiais cada um em sua condição ótima.

PATERNIANI (1975) acrescentou ainda como moti

vo de insucesso nos programas americanos, a introdução do gene br-2 em linhagens. Segundo o autor, o gene não se adapta a todas as linhagens em que é introduzido e por tratar-se de uma linha pura não é possível modificar-se tal situação. A alternativa apresentada seria a transferência do gene br-2 para populações onde ele pudesse encontrar nas gerações segregantes uma condição de maior equilíbrio. Linhagens extraídas de tais populações poderiam ser mais viáveis tanto de "*per si*" como em cruzamentos. A seleção das linhagens seria concomitante com mudanças nas frequências de genes modificadores, os quais permitiriam ao melhorista selecionar para a altura que melhor lhe conviesse.

BÜLOW (1971) obteve uma população de milho nas versões normal e braquítica e verificou para esta um desempenho pior em termos de produção de grãos. Isto ao nosso ver é perfeitamente justificável pois a simples introdução do caráter em populações não significa por si só a obtenção de êxito. Entretanto uma nova condição de equilíbrio entre o gene br-2 e os demais da população deve ser buscada por seleção, o que é perfeitamente possível, pois a população segregante dá oportunidade para que tal aconteça, como ocorreu no processo de obtenção do milho Piranão (PATERNIANI, 1975).

Com relação aos componentes da produção afetados pela presença do caráter braquítico, ANDERSON e CHOW (1963)

encontraram para um híbrido, aumento da produção em função de grãos mais pesados. Nos três híbridos simples estudados pelos autores, o comprimento da espiga foi praticamente igual nas duas versões, havendo entretanto, uma tendência das formas braquíticas terem menor número de fileiras de grãos nas espigas, porém, maior número de grãos nas respectivas fileiras, diferenças estas não significativas.

SINGH e RAY (1979) observaram em cinco linhagens e seus dez respectivos híbridos simples, nas versões normais e braquíticas, que estas últimas apresentaram uma frequência de plantas estêreis em média de 23,3% enquanto que as normais de 12,0%, característica esta considerada pelos autores como uma das responsáveis pela menor produtividade das formas braquíticas. Nem todos os braquíticos entretanto mostraram esta mesma tendência. O peso de grão; por outro lado, foi ligeiramente maior, em média, nas formas braquíticas. GALVÃO e PATERNIANI (1974) também observaram uma maior frequência de plantas estêreis em vários níveis de densidade de plantio estudados. Outra das causas de menor produtividade dos milhos braquíticos tem sido relacionada com a dificuldade de emissão dos estilo-estíguas, devido à pressão exercida pelas bainhas, especialmente quando o encurtamento dos entrenós é muito exagerado (PENDLETON e SEIF, 1961; POEY, 1973), resultando em espigas com falhas de grãos. CAMPBELL (1965) não observou nos seus ma

teriais braquíticos espigas com falhas de grãos superior a observada nos milhos normais. Também não notou esta esterilidade maior nos braquíticos, mesmo em densidades em torno de 55.000 plantas/ha.

Para praticamente todas as características analisadas, influenciadas pela presença do caráter braquítico, pode-se observar uma variação de intensidade de suas manifestações em função do genótipo. Assim tem sido para altura de planta, acamamento, produção, etc. Nestas circunstâncias, a introdução do gene br-2 em populações de base genética ampla, deve criar condições favoráveis para a obtenção das mais variadas associações entre o caráter braquítico e os demais, de tal sorte que a obtenção de associações mais harmoniosas entre as características podem ser conseguidas, resultando em indivíduos de melhor produção.

Os trabalhos a respeito do gene braquítico foram comumente realizados pela introdução do mesmo em materiais de base genética estreita e seu efeito avaliado em linhas isogênicas e principalmente em híbridos de linhagens braquitizadas, em relação às respectivas formas originais. Nestas circunstâncias seria pouco provável que a introdução de um gene dentro de um genoma, equilibrado e resultante de uma intensa seleção, não viesse alterar tal equilíbrio, com prejuízo geral do genótipo, especialmente em se tratando do caráter braquíti-

co que provoca mudanças morfológicas acentuadas quando presente. Diante de tais considerações, a introdução do referido gene seria mais viável em germoplasmas de base genética ampla. Possivelmente estes também teriam seu equilíbrio genético alterado, mas em função da variabilidade presente, uma nova condição de equilíbrio poderia ser encontrada, em consequência das recombinações e seleção.

Pelo que foi colocado, o estudo do efeito de um determinado gene sobre outros caracteres, inclusive a produção, não parece ser muito apropriado através do uso de linhas isogênicas como tem sido sugerido até recentemente (TRENBATH e ANGUS, 1975; WILSON, 1981). O efeito de um gene na determinação de um fenótipo é função de sua ação direta e de sua interação com os demais genes do genótipo e com o ambiente. Se uma linhagem ou variedade tem seu potencial produtivo diminuído pela presença de um gene, isto não significa necessariamente uma consequência de seu efeito direto, mas pode ser o resultado de sua interação com os demais do genótipo. Também não significa que esta interação não possa ser positiva em outro germoplasma. Por outro lado, a idéia de que estes estudos, quando realizados numa amostragem adequada de germoplasmas, podem refletir a ação do gene pois diminuem o efeito de sua interação, também não é argumento satisfatório pois, embora possa realmente diminuir o efeito desta interação, não a elimina. No caso específico do

br-2, o qual determina mudanças acentuadas nas características morfológicas e fisiológicas da planta, o normal é esperar-se que sua presença cause um desequilíbrio de funções nas características da planta, as quais evoluíram harmonicamente para um máximo de adaptação, por séculos de seleção.

### 2.8.3. Eficiência do Milho Braquítico

O trigo anão do México e o arroz milagroso das Filipinas, responsáveis pela Revolução Verde, são exemplos do grande potencial que representam os genes para nanismo, uma vez que foram eles um dos responsáveis pela alta produtividade dos respectivos materiais. Em milho, por outro lado, seu potencial produtivo além de apenas raramente ter aumentado, com muita frequência foi reduzido, com a introdução dos referidos genes. Estes resultados não significam necessariamente que plan

tas baixas de milho não sejam viáveis. Os trabalhos realizados a respeito têm mostrado uma série de inadequações, conforme já discutido e por outro lado, alguns resultados positivos são uma boa indicação da potencialidade das plantas braquíticas, melhor mesmo do que uma análise do comportamento médio do caráter.

Um dos meios que se tem buscado para aumentar a potencialidade produtiva do milho é através do aumento da densidade de plantio (LAMBERT, 1971). Entretanto, com as plantas tradicionais de porte alto, a partir de determinado limite os problemas de acamamento e plantas estéreis se acentuam a ponto, inclusive, de reduzir a produtividade. As plantas de porte baixo por competirem menos por luz poderiam suportar densidades populacionais mais elevadas e possivelmente maiores aplicações de fertilizantes, sem apresentarem os problemas referidos e por consequência aumentarem o potencial produtivo. Em arroz, segundo JENNINGS (1964), a melhoria das práticas culturais, particularmente densidade de plantio, controle de água e níveis de nitrogênio, não garantiram ganhos em produção nas variedades de porte alto, pois estas frequentemente respondiam em altura ainda maior, acamamento e esterilidade.

A competição por luz numa cultura de milho se estabelece entre folhas de uma mesma planta, entre plantas na linha de plantio e entre linhas. A competição entre linhas por

luz, ao nosso ver é menor para as formas braquíticas permitindo que se possa aumentar a densidade de plantio através de fileiras mais próximas. Na medida que aumenta a inclinação do sol em relação a um plano horizontal, mais rapidamente as plantas baixas deixarão de sombrear as vizinhas e por consequência menor a competição por luz. A Figura 1 demonstra como a área projetada da sombra das plantas altas é maior, para um mesmo ângulo de incidência dos raios solares. Por outro lado, como o milho atinge sua altura máxima por ocasião da liberação do pólen, tanto em plantas altas como em baixas, e como estas florescem aproximadamente na mesma época, então as braquíticas crescem mais lentamente para terminarem com uma porte menor. Nestas circunstâncias, o efeito de sombreamento deve ocorrer alguns dias mais tarde no ciclo destas plantas, diminuindo desta forma também o efeito da competição por luz. Com relação ao período para florescimento, ANDERSON e CHOW (1963) observaram um retardamento de um a seis dias para os braquíticos, enquanto que SINGH e RAI (1979) e CIMMYT (1972) não encontraram diferenças.

Com relação à competição por luz entre plantas na linha, considerando-se os espaçamentos convencionais, a situação muda por completo, pois dada a proximidade entre plantas suas folhas estarão em forte competição. Considerando que o gene br-2 não altera o número de folhas, porém a altura da

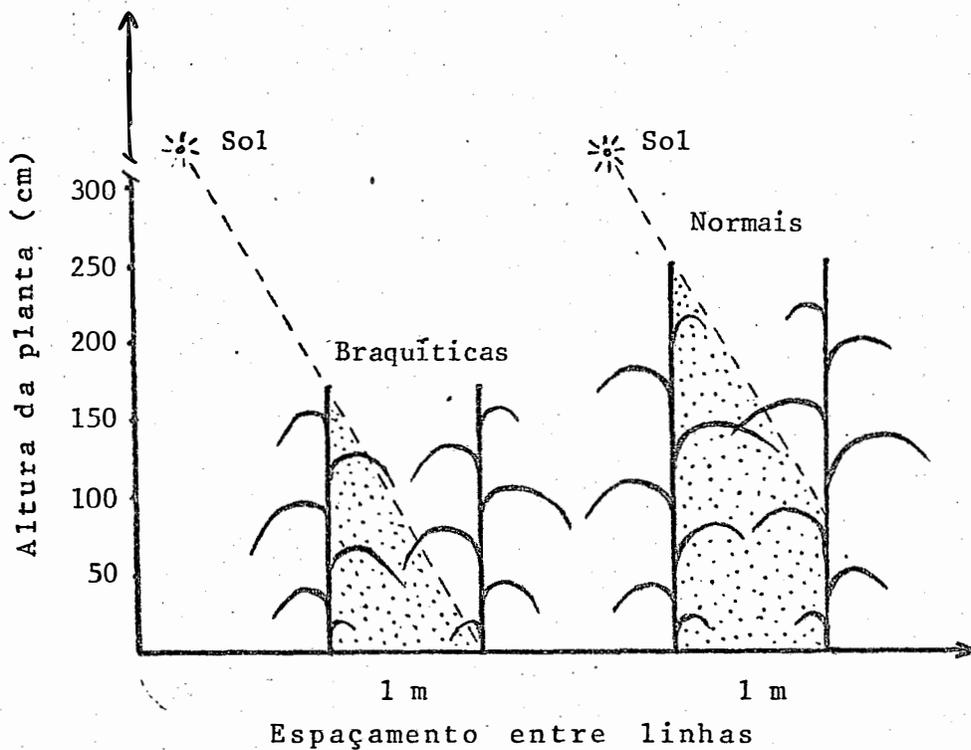


Figura 1 - Comparação entre plantas de milho braquíticas e normais com relação ao sombreamento.

planta, resulta que elas ficam muito próximas entre si no plano vertical e como folhas de plantas vizinhas se cruzam e se superpõem, o resultado será um acentuado sombreamento mútuo das mesmas, mais intenso que nas plantas normais. Nos braquíuticos também a competição entre folhas da mesma planta, é agravada pela tendência geralmente observada de folhas mais largas, além da proximidade vertical entre as mesmas (POEY, 1973). Esta competição entre folhas foi demonstrada por KATTA e GIL (1970) os quais fizeram um experimento com uma população braquíutica no qual dispuseram artificialmente as folhas acima da espiga em posição vertical e em outro tratamento dispuseram as folhas no sentido leste-oeste. No caso das folhas eretas obtiveram um ganho em produção por volta de 8% e no caso de ambos tratamentos associados o ganho foi de 22,3%. A criação de condição de distribuição mais uniforme de luz pelas folhas, como se demonstrou, foi responsável pelo aumento do potencial produtivo.

O que se pode inferir a respeito do problema de competição por luz nos milhos braquíuticos, é que o aumento da densidade de plantio somente deverá promover respostas mais acentuadas que os tipos normais quando for feita pela redução do espaçamento entre linhas. Com relação ao aumento de densidade dentro da linha o esperado é uma resposta similar ou mesmo mais negativa em relação à observada para as plantas normais. Os resultados de pesquisa, envolvendo espaçamento e densidade, mais completos foram fornecidos por PENDLETON e SEIF (1961)

para as plantas braquíticas. Os autores avaliaram um híbrido duplo em dois locais, dois anos, em três espaçamentos entre linhas (51 cm, 76 cm e 102 cm) e seis densidades de plantas (29.652 a 79.071 plantas/ha). A produção cresceu com a densidade até um ótimo por volta de 50.000 plantas/ha, tendendo a cair após este nível. O espaçamento de 76 cm entre linhas, e densidade de 50.000 plantas/ha, promoveu a maior produção do ensaio. Segundo os autores os espaçamentos entre linhas tiveram pouco efeito na frequência de plantas estéreis, entretanto o aumento da densidade além de um ótimo aumentou o número de plantas estéreis e o acamamento. O híbrido braquítico estudado tinha altura em torno de 160 cm, portanto, similar aos valores obtidos para as populações braquíticas brasileiras.

Densidades de plantio acima do recomendado para as condições de cultivo no País, (50.000 plantas/ha) foram avaliadas por GALVÃO e PATERNIANI (1974), mantendo-se constante o espaçamento de 1 metro entre linhas de plantio. A variedade 'Piranão' (braquítica) comportou-se quanto à produção, de forma similar ao híbrido de porte normal 'AG-257', entretanto exibiu uma maior frequência de plantas estéreis nas densidades mais altas. Um outro experimento realizado por LEITE e PATERNIANI (1973) envolvendo as mesmas populações do trabalho anterior, mostrou que aumentando-se a densidade de 4 plantas/m para 8 plantas/m, no espaçamento de um metro entre linhas, os materiais Piranão e AG-257 aumentaram a produção de 3,8% e 11,8%, respectivamente.

Quando a mudança foi para uma densidade de 6 plantas/m e espaçamento entre linhas de 0,75 m as produções aumentaram de 11,7% e 18,3%, respectivamente para a forma braquítica e normal. Este ensaio foi o resultado de apenas um ano e um local e a variação no espaçamento foi acompanhada de mudanças também na densidade, dificultando a interpretação. RISSI *et alii* (1976) avaliaram várias populações e híbridos braquíticos nas densidades de 50.000 a 62.500 plantas/ha, no espaçamento de 80 cm, em quatro locais, encontrando aumento em produtividade similar entre a média dos braquíticos e o híbrido normal usado como testemunha.

Embora os resultados com espaçamento e densidade de plantio sejam poucos com os milhos braquíticos, em linhas gerais pode-se dizer que eles apoiam as considerações feitas a princípio.

Outro aspecto que se pode considerar com relação aos braquíticos se refere à sua capacidade de suportarem plantios em espaçamentos entre linhas mais apertadas e isto tem como consequência um maior número de plantas por área aproveitando a luz que na fase jovem da cultura é abundante e muito desperdiçada pelas plantas altas. Esta interceptação maior de luz, nesta fase, aumenta a capacidade competitiva da cultura com as plantas daninhas, anulando com isto uma das principais críticas feitas ao braquítico, isto é, maior problema de

mato em seu cultivo. Também uma maior eficiência na utilização da água do solo pode ser considerada pois se menos luz alcança o solo, menor será a perda de água por evaporação e maior será a disponibilidade para a cultura.

A percentagem mais elevada de plantas estereis nas formas braquíticas (GALVÃO e PATERNIANI, 1974; SINGH e RAI, 1979) em relação as de porte alto são uma indicação de que a forte competição entre plantas e entre folhas de uma planta pode estar causando um efeito negativo mais acentuado nas braquíticas do que nas normais. Nestas circunstâncias seria interessante que o melhoramento de plantas se preocupasse em selecionar tipos que permitam maior penetração da luz solar. Características como folhas eretas, menor ramificação do pendão, folhas mais estreitas e até mesmo, possivelmente, menor número de folhas, seriam aconselháveis. Como a seleção para produção é relativamente difícil dada a sua baixa herdabilidade, ganhos maiores talvez possam ser obtidos indiretamente pela incorporação das características referidas, as quais são de fácil seleção, e ao nosso ver esta seria uma das prioridades mais imediatas do melhoramento nas populações braquíticas brasileiras. Em arroz as variedades modernas de alta produtividade associam a uma menor altura de planta também folhas mais eretas (IRRI, 1966). Outra característica que também poderia ser muito útil, sugerida por KATTA e GIL (1970) se refere a obtenção de plantas com

folhas emergindo dos nós em diferentes direções. Isto contribuiria para reduzir o forte efeito de sombreamento consequente do arranjo de folhas em apenas duas fileiras opostas ao longo do caule, exibido pelo milho.

Uma maior tolerância à seca tem sido atribuída às formas braquíticas, constituindo-se numa de suas importantes propriedades pelo menor risco que oferecem em seu cultivo. Segundo POEY (1973) tem-se observado que em condições de estresse de umidade as plantas braquíticas mantêm-se mais turgidas e com as folhas mais verdes em comparação com as variedades altas onde, nas mesmas condições as folhas se tornam murchas e cloróticas. O autor considera por outro lado, que em condições de excesso de umidade, elas também reagem mais convenientemente, graças ao que considerou como maior eficiência de translocação. Outros autores têm também noticiado maior tolerância à seca (TREGUBENKO e NEPOMNJASCIJ, 1971; SOLONENKO e CHALIK, 1975; FILIPPOV e VISHNEVSKII, 1982). Outra explicação para tal tolerância pode ser um sistema radicular mais abundante e que se estabelece mais rapidamente. As raízes adventícias das plantas altas nascem de nós acima do solo enquanto que nas formas braquíticas devido ao encurtamento dos extremos, estas raízes já nascem sob o solo e portanto iniciando suas funções imediatamente. Um processo mais eficiente de translocação conforme sugerido por POEY (1973) pode ser explicado por um menor gasto

de energia no mesmo, uma vez que a fonte e o depósito encontram-se mais próximos nas plantas braquíticas.

Ao se observar as Tabelas 1 e 2 pode-se perceber que a altura das plantas e a altura das espigas das braquíticas foi 60% a 70% e 50% a 60% das normais, respectivamente, o que equivale dizer que a redução da altura da espiga foi relativamente mais acentuada que a da altura das plantas. Se por um lado a redução do porte já é importante fator para diminuir o acamamento, melhor ainda quando a espiga encontra-se em posição relativamente mais baixa na planta. Este quadro vem facilitar o trabalho do melhorista de milho pois não precisa se preocupar tanto em sua seleção com a altura da espiga, aumentando-se com isto sua eficiência, pois é um caráter a menos a ser considerado.

A maior parte das colocações feitas neste item são conjecturas que necessitam comprovação experimental, entretanto foram feitas por inferência em função da revisão da literatura citada neste trabalho e portanto com certo fundamento nos fatos discutidos. DUNCAN (1972) cita uma colocação interessante feita por Walt Whitman: *"Teoria sem fato é fantasia, fato sem teoria é caos"*.

## 2.9. Considerações Gerais

A revisão realizada neste trabalho teve o objetivo de demonstrar da maneira mais completa que nos foi possível, a importância das plantas braquiúnicas, tanto do ponto de vista agrônomo quando de suas qualidades fisiológicas. As características agrônomicas têm sido bem exploradas pela literatura, entretanto muito pouco tem sido feito do ponto de vista fisiológico. Por este motivo, se fez um levantamento a respeito de alguns de seus aspectos estudados no milho de porte normal e em outras culturas, no sentido de criar fundamentos para discutir este ponto de vista nos milhos braquiúnicos.

Desta forma esperamos ter dado uma visão geral da influência do gene br-2 no contexto agrônomo e fisiológico da planta e assim também conseguido justificar este trabalho cujo objetivo fundamental é observar se populações braquiúnicas de milho obtidas e selecionadas no Brasil apresentam-se como alternativas viáveis para as nossas condições.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

Cinco populações de plantas de porte normal e cinco braquíticas relacionadas geneticamente às primeiras, foram utilizadas. Uma breve caracterização individual das populações de porte normal (indicadas pela letra A), bem como das correspondentes formas braquíticas (indicadas pela letra B), é dada a seguir. Antes porém convém esclarecer que as populações '*Maya(s)*' foram desenvolvidas no Instituto Agrônomo de Campinas e as demais no Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", de Piracicaba. As informações a respeito das populações foram obtidas de PATERNIANI *et alii* (1977), SAWAZAKI (1980) e de informações pessoais pelo Dr. Paterniani e Dr. Miranda.

1.A. '*ESALQ VD. 2*' - Foi obtida a partir de 1965 por recombinação de populações introduzidas do CIMMYT, com predominância

da raça '*Tuxpeño*', de grãos dentados brancos e amarelos. O material recombinado passou posteriormente por uma seleção para grãos dentados amarelos e melhoramento para produção por três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos.

- 1.B. '*Piranão VD. 2*' - Esta população, de grãos dentados amarelos, resultou em primeiro lugar da seleção para porte médio ( $\pm 1,70$  m) a partir de geração  $F_2$  do cruzamento da população '*ESALQ VD. 2*' x '*Piranão VD. 1*'. Posteriormente foi submetida a quatro ciclos de seleção massal para prolificidade. A população '*Piranão VD. 1*', doadora do gene br. 2, por sua vez foi obtida da geração  $F_2$  do cruzamento '*Pirames*' x '*Tuxpeño br-2*'. Estes dois materiais são milhos dentados, o primeiro amarelo e o outro branco, da raça *Tuxpeño*, originalmente introduzido do CIMMYT.
- 2.A. '*ESALQ VF. 1*' - É uma população de grãos duros, de cor laranja, resultante de três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos. A população base foi formada pela recombinação, realizada a partir de 1965, de milhos introduzidos do CIMMYT, de grãos duros de cores branca e laranja, representando raças de Cuba, Colômbia e América Central.
- 2.B. '*Piranão VF. 1*' - Resultante de quatro ciclos de seleção massal para prolificidade, de grãos duros e cor laranja,

originou-se da seleção de plantas de porte médio ( $\pm 1,70$  m) realizada na geração  $F_2$  do cruzamento 'ESALQ VF. 1' x 'CIMMYT br-2'. Esta última variedade por sua vez, compreende germoplasma Cubano de grãos duros e cor laranja.

- 3.A. 'ESALQ VD. 4' - Refere-se ao mesmo germoplasma básico de 'ESALQ VD. 2', tendo sido entretanto selecionado para grãos dentados e brancos, sem passar pelo melhoramento para produção como no caso da população de grãos amarelos.
- 3.B. 'Piranão VD.4' - Esta população é semelhante ao Piranão VD.2', de onde foi obtida por seleção para altura de planta e grãos brancos, sem seleção para produção.
- 4.A. 'ESALQ VF.3' - Também neste caso o material correspondente ao mesmo germoplasma básico que deu origem a 'ESALQ VF.1', porém neste caso selecionado para grãos duros brancos e não selecionado para produção.
- 4.B. 'Piranão VF.3' - Corresponde à Piranão VF.1, porém diferindo dela por ter sido inicialmente selecionada para porte e grãos brancos e sem seleção adicional.
- 5.A. 'IAC Maya 13' - Esta é uma variedade sintética de grãos dentados amarelos obtidas pela recombinação de várias linhagens e variedades de milho, seguida de melhoramento por vários ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos e, ainda pela introgressão de material proli

fico seguido de seleção para produção e prolificidade por mais três ciclos.

5.B. 'IAC Mayanão II' - Este tipo braquítico resultou do cruzamento de variedade 'IAC Maya' após já ter recebido introgressão para prolificidade, com o material 'Tuxpeño br-2', seguido de um retrocruzamento para 'IAC Maya' e seleção para porte braquítico. Este material passou posteriormente por dois ciclos de seleção para produção entre e dentro famílias de meios irmãos.

As populações identificadas por ESALQ e Maya, são de porte alto e aquelas por Piranão e Mayanão de porte baixo.

Pela descrição das populações pode-se observar não tratarem-se de populações isogênicas para o caráter braquítico-2, mas que as altas e baixas guardam entre si grande afinidade genética. Também pode-se observar que as populações básicas utilizadas como doadores do gene br-2, no processo de obtenção das formas braquíticas, tinham afinidades pelas respectivas populações de porte alto, por tratarem-se de materiais da mesma raça, o que leva à suposição de semelhanças para muitos dos genes dos respectivos germoplasmas. Isto aliado ao uso de várias populações cria condições para que as comparações entre portes sejam satisfatórias.

### 3.2. Métodos

Os materiais constantes do trabalho foram avaliados em ensaios conduzidos em quatro localidades (Piracicaba, SP., Guíra, SP., Matão, SP. e Ituitaba, MG.), no ano agrícola de 1981/82.

Em cada local, o ensaio foi desenvolvido no delineamento experimento em faixas conforme sugerido por PIMENTEL GOMES (1963). Os experimentos foram implantados em cada local em seis repetições com as parcelas constituídas de fileiras de 10 m de comprimento espaçadas de 1 m entre si. Como as populações de plantas altas e baixas foram dispostas em faixas separadas, não se usou bordadura de parcela, mas das faixas, através de duas fileiras de plantas baixas quando ao lado das braquíticas e uma fileira de plantas altas para as faixas de plantas normais. Nas parcelas, o plantio foi feito em covas espaçadas de 40 cm, deixando-se três sementes em cada uma, para posteriormente, com as plantas em torno de 25 cm de altura, serem desbastadas, deixando-se duas plantas/cova, para uma densidade de 50.000 plantas/ha.

As adubações de plantio e cobertura e controle das plantas daninhas foram as normais para a cultura. Todos os dados levantados foram tomados na parcela como um todo ou de uma amostra representativa obtida de plantas competitivas den-

tro da mesma.

Os caracteres levantados e a maneira de sua obtenção são apresentados descriminadamente a seguir:

- Número de dias para o florescimento masculino. Uma planta foi considerada florida quando em torno de 50% ou mais de suas espiguetas já tivessem liberado polén, por avaliação visual. Uma parcela foi considerada florida quando 50% ou mais de suas plantas fossem consideradas floridas, através da contagem de plantas feitas a cada dois dias. O número de dias para o florescimento foi portanto o intervalo em dias do plantio ao florescimento masculino.
- Intervalo entre florescimento masculino e feminino. Uma planta foi considerada florida quando os estilo-estigmas tinham pelo menos 2 cm fora da palha. A parcela foi considera flo-rida quando 50% ou mais de suas plantas já tivessem emitido barba. O número de dias entre o florescimento masculino e feminino forneceu o respectivo intervalo entre eles. Este dado foi obtido apenas em Piracicaba.
- Altura da planta. Cinco plantas competitivas foram tomadas ao acaso e medidas do solo até o ponto de inserção do limbo foliar, da folha mais alta, no caule, isto é, no ponto de divisão entre limbo e bainha foliar. Esta medida foi tomada após o florescimento, quando as plantas atingiram sua altura

máxima. Os valores foram apresentados como altura em cm.

- Altura da espiga. Esta medição foi feita também em cinco plantas competitivas, tomadas aleatoriamente após o florescimento, sendo as mesmas plantas nas quais se avaliou a altura da planta. Os valores foram em cm do solo ao ponto de inserção no caule da espiga mais alta da planta (a 1.<sup>a</sup> espiga).
- Índice AE/AP. Obtido dividindo-se a altura da espiga pela altura da planta, indica a posição da primeira espiga em relação ao comprimento da planta. Um índice de 0,5 significa que a espiga está inserida na posição mediana do caule.
- Número de ramificações do pendão. Em apenas dois locais, Piracicaba e Matão, se fez o levantamento deste dado. É a média do número de ramificações do pendão contadas em cinco plantas competitivas amostradas aleatoriamente na fileira.
- Percentagem de plantas acamadas (raiz + colmo). O acamamento neste caso refere-se conjuntamente ao acamamento pela raiz e quebra do colmo. Sua avaliação foi feita através de contagem de plantas acamadas e quebradas na parcela e o resultado apresentado em sua percentagem em relação ao número total de plantas.
- Percentagem de plantas acamadas. Refere-se ao número percentual de plantas que não estando eretas, mostravam inclinação que pudesse comprometer os trabalhos de colheita, especialmen

te mecânica.

- Percentagem de plantas quebradas. Neste caso o número de plantas quebradas abaixo das espigas foram contadas. Posteriormente calculou-se a sua percentagem em relação ao número total de plantas da parcela.
- Percentagem de espigas pendentes. Foi levantada pela contagem do número de plantas com espigas pendentes em relação ao número total de plantas, dada em percentagem. Este carácter foi tomado apenas em Piracicaba.
- Densidade de plantas na parcela. Todas as plantas da parcela foram contadas por ocasião da colheita.
- Produção de grãos em kg/ha. Procedeu-se à colheita das espigas de cada tratamento separadamente, as quais foram pesadas, imediatamente debulhadas, tomando-se o peso dos grãos e obtendo-se uma amostra dos mesmos para determinação de sua umidade, conforme procedimento usuais. De posse destes dados, por meio de regra de três, calculou-se a produção de grãos por parcela, corrigindo-se o seu valor para 0% de umidade e finalmente obteve-se a produção de grãos em kg/ha a 0% de umidade.

A correção da produção pela densidade de plantas observada não foi feita pois no geral não melhorou a eficiência das análises.

lises estatísticas para o referido caráter.. Em alguns casos contribuiu para aumentar os coeficientes de variação.

- Número médio de espigas por planta. Este dado foi obtido dividindo-se o número total de espigas colhidas pelo número de plantas total da parcela.

Para efeito de análise, os dados de percentagem de plantas acamadas (raiz + colmo), % de plantas acamadas, % de plantas quebradas, % de espigas pendentes, número de dias para o florescimento masculino e intervalo entre o florescimento masculino e feminino foram ajustados por  $\sqrt{x + 0,5}$  conforme sugerido por STEEL e TORRIE (1960). A análise da variância para todos os parâmetros obedeceu aos procedimentos convencionais. Entretanto algumas considerações são necessárias para maior clareza.

Para a análise conjunta dos dados, para cada caracter, considerou-se um modelo misto, com o efeito de repetição dentro do local aleatório e os demais efeitos, local, porte e variedade, fixos. Em função disto, pela decomposição dos quadrados médios pode-se chegar à conclusão de que os valores de  $F$  para os diferentes efeitos deveriam ser obtidos como a seguir: O  $F$  para o efeito de local foi obtido pela divisão de seu quadrado médio pelo de repetição/local; o  $F$  para o efeito de porte e interação porte x local pela divisão de seus res-

pectivos quadrados médios pelo do resíduo  $a$ ; o  $F$  para o efeito de variedades e interação de variedade x local pela divisão dos seus respectivos quadrados médios pelo do resíduo  $b$ ; o  $F$  para as interações porte x variedade e porte x variedade x local, pela divisão de seus quadrados médios pelo do resíduo  $c$ .

O desdobramento dos efeitos de porte e porte x variedades em porte dentro de cada variedade implica no envolvimento dos resíduos  $a$  e  $c$ . Para se calcular os seus valores de  $F$  é necessário dividir-se os respectivos quadrados médios desdobrados por um quadrado médio calculado. Este foi obtido pela fórmula:  $\frac{QMa + (v-1) QMc}{v}$ , onde tem-se o quadrado médio do resíduo  $a(QMa)$ , o quadrado médio do resíduo  $c(QMc)$  e o número de variedades envolvidas ( $v$ ). Como existem apenas porte alto e baixo a comparação de médias é dada automaticamente pelo teste de  $F$ .

Também com relação aos efeitos desdobrados de variedades dentro de cada porte, o mesmo problema se apresenta, com o envolvimento dos resíduos  $b$  e  $c$ . Os valores de  $F$  dos efeitos desdobrados são obtidos pela divisão dos seus respectivos quadrados médios por um quadrado médio calculado obtido pela fórmula:  $\frac{QMb + (p-1) QMc}{p}$ , onde tem-se o quadrado médio do resíduo  $b(QMb)$ , o quadrado médio do resíduo  $c(QMc)$  e o número de portes ( $p$ ). A comparação de médias neste caso foi obtida pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, conforme orienta-

ção dada por PIMENTEL GOMES (1963) para comparações de médias de A em níveis de B em experimentos com parcelas subdivididas.

As fórmulas para o cálculo dos quadrados médios envolvendo dois resíduos foram desenvolvidos teoricamente pelo Dr. Francisco Ivaldo O. Melo e nos comunicado pessoalmente. São também similares ao proposto por STEEL e TORRIE (1960) para comparação de médias de tratamento A dentro de níveis de B, em delineamento em '*split-plot*' onde dois resíduos são envolvidos à semelhança deste trabalho.

O número de graus de liberdade para os quadrados médios calculados de dois resíduos foi obtido pela fórmula de Satterthwaite, conforme sugerido por PIMENTEL GOMES (1963).

A análise conjunta para produção apresentou a dificuldade decorrentes de diferenças entre os resíduos  $\alpha$ , dos diferentes experimentos, acima do razoável (o maior sendo mais de quatro vezes o menor). A análise conjunta foi realizada tomando-se o cuidado de ajustar o grau de liberdade para o resíduo  $\alpha$  onde a discrepância foi observada, segundo procedimento sugerido por PIMENTEL GOMES (1963).

Como no experimento de Piracicaba para alguns parâmetros não se considerou uma das repetições, os quadrados médios dos resíduos da análise conjunta foram médias ponderadas pelo número de repetições de cada experimento.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Produção de Grãos

Os resultados médios de produção de grãos encontram-se na Tabela 4 e os quadrados médios relativos à análise da variância nas Tabelas 5 e 5a, no Apêndice. Os coeficientes de variação de 13,01% e 19,02% para as comparações entre populações e entre portes, respectivamente, demonstram satisfatória precisão do ensaio para este parâmetro.

Em termos médios, as populações mostraram diferenças altamente significativas, tanto dentro de porte alto quanto do baixo. Houve boa concordância nas produtividades das populações tanto para porte normal como para o braquítico. Isto de certa forma era esperado uma vez que as duas populações ('VD<sub>4</sub>' e 'VF<sub>3</sub>') não foram submetidos à seleção tão intensa quanto às demais.

Para porte, entretanto, as braquíticas produzi-ram em média aproximadamente como as normais, sendo a diferen-ça (3,3% a menos) não significativa. A avaliação de porte dentro de cada população demonstrou que nos três casos (*VD<sub>2</sub>'*, *VF<sub>1</sub>'* e *'Maya'*) em que a forma braquítica passou por processos de seleção após a introdução do gene br-2, foram tão produtivas quanto as normais na média dos locais estudados. Pelo que se pode observar da Tabela 4, elas produziram respectivamente 99,5%, 99,3% e 97,1% das altas. Quanto às duas populações não selecionadas após a introdução do braquitismo, embora as diferenças entre porte dentro de cada uma não tenham sido significativas, apresentaram quadrados médios substancialmente maiores (Tabela 5a) que o observado para os demais casos. As produções foram de 94,6% e 91,9% das normais, respectivamente, dentro das populações *'VD.4'* e *'VF.3'*.

Pelos resultados observados, pode-se considerar que após a introdução do gene br-2, em populações, é recomendável efetuar seleção para produtividade, o que possibilita a obtenção de cultivares de porte baixo e alta produtividade. As melhores populações de porte baixo avaliadas mostraram-se tão produtivas quanto às altas. O milho *'Piranão VD.2'*, por exemplo, no local onde esteve relativamente pior, produziu apenas 2,7% a menos que a *'ESALQ VD.2'* e no local onde foi melhor superou esta por 6,4%. Deve-se considerar que este material ainda não sofreu seleção para produtividade, mas apenas para pro-

lificidade, o que elevou seu potencial produtivo (PATERNIANI, 1980). O espaçamento adotado nos experimentos foi o usualmente empregado para as plantas normais e possivelmente, baseados na revisão da literatura, não seja o mais indicado para as formas braquíticas.

Embora não tenha sido significativa a interação entre porte das plantas e local, pode-se observar um desempenho melhor das formas braquíticas em relação às normais nos locais de produção média menor, Guaíra (3.010 kg/ha) e Ituiutaba (3.463 kg/ha) onde produziram 98,4% e 105,0% das normais, respectivamente. Nos dois outros locais, de produção mais elevada, Piracicaba (4.317 kg/ha) e Matão (4.446 kg/ha) tiveram uma produtividade algo inferior com 92,5% e 93,3% das normais, respectivamente. Possivelmente isto tenha decorrido como consequência de um maior desenvolvimento das plantas provocando efeito de sombreamento entre folhas da mesma planta ou de plantas vizinhas. A revisão de literatura, indica que as plantas suportam mais um aumento de densidade de plantas estreitando-se o espaçamento entre linhas do que entre plantas dentro da linha. Neste último caso a consequência é um aumento acentuado de plantas estéreis e redução da produção (PENDLETON e SEIF, 1961). A melhoria das condições gerais de desenvolvimento da planta, que pode se refletir por níveis mais altos de produtividade, contribui para o aumento do índice de área foliar e conseqüente aumento do sombreamento entre plantas, o que, por ou-

tro lado, afeta o potencial produtivo que poderia ser ainda maior.

Tem sido observada uma percentagem mais elevada de plantas estêreis nas formas braquíticas do que nas normais (GALVÃO e PATERNIANI, 1974, SINGH e RAI, 1979) e isto pode ser considerado como uma indicação de competição maior por luz entre folhas de plantas diferentes ou da mesma planta. Nas plantas baixas este maior efeito do sombreamento de folhas pode ser esperado haja visto a maior proximidade das mesmas no plano vertical e sua maior largura. Estas considerações são interessantes pois fornecem subsídios para que se possa sugerir um melhoramento das populações braquitizadas mais no sentido de contornar o problema de competição por luz entre folhas da planta e entre plantas vizinhas, do que para produção propriamente dito. Dada a alta herdabilidade das características da planta que possam permitir maior penetração da luz na sua folhagem, é possível que a seleção para esses caracteres conduza a maior progresso para a produção de grãos do que a seleção para este caráter.

Uma planta que permita maior distribuição de luz pelas suas folhas, permitirá às populações braquíticas plantios em densidades mais elevadas contribuindo assim, para o aumento do potencial produtivo.

As características a que se está referindo se-

riam: folhas mais eretas, mais estreitas, saindo dos sucessivos nós em direções diferentes, pendões menores, maior distância vertical entre folhas ao longo do caule e menor número de folhas nas plantas muito enfolhadas.

Como se tem sugerido que nos milhos tropicais o depósito é o mais limitante, a diminuição do número de folhas não deve acarretar grandes problemas podendo, no caso dos braquíticos ser até benéfica. Ao se sugerir a seleção para tais características não significa que todas elas devam ser introduzidas concomitantemente, mas que precisam ser consideradas no programa de melhoramento. Deve-se ressaltar que a simples introdução dessas características, não significa necessariamente êxito, mas deve-se ter o cuidado de introduzi-las em populações onde possam ser recombinadas, e uma situação de harmonia entre os caracteres, possa ser buscada por seleção, para uma condição de maior produção.

As plantas braquíticas de milho são vistas neste trabalho como um meio de situar o potencial produtivo da cultura em um patamar mais elevado do que o das plantas tradicionais. Os estudos com as plantas braquíticas devem continuar, inclusive procurando-se esclarecer as relações do braquitismo com as demais características da planta, especialmente com aquelas relacionadas a uma maior eficiência da mesma, na utilização dos fatores de seu ambiente e conversão dos mesmos em pro

dução de grãos.

#### 4.2. Acamamento

Para este parâmetro realizou-se três análises, sendo uma para o acamamento total e outras duas para os efeitos parciais de acamamento de raiz e quebra de colmo. De uma forma geral os coeficientes de variação foram altos para as três análises, especialmente para o acamamento de raiz, tanto para a avaliação de porte quanto de populações, conforme pode-se observar nas Tabelas 5 e 7. Apesar disto o efeito de porte foi altamente significativo em todas elas e sua interação com local mostrou também diferenças significativas. O efeito de populações foi significativo apenas para acamamento de raiz, o que foi explicado principalmente pelas diferenças dentro de porte alto (Tabelas 7 e 7a). As médias dos valores observados de acamamento encontram-se nas Tabelas 4 e 6. O acamamento (raiz e colmo) foi em média de 11,8% nas formas braquíticas e de 33,4% nas plantas normais, representando aquele valor 35,3% deste, isto é, uma redução de aproximadamente 65% do acamamento, nas formas baixas. A literatura tem noticiado uma ampla variação para o efeito do braquitismo sobre o acamamento, desde reduções de 100% do acamamento quando todas as plantas altas tombaram (LENG, 1957), a uma redução de apenas 30% ou menos (SINGH e RAI, 1979). Estas variações são perfeitamente justificáveis,

inclusive pelos dados deste trabalho, uma vez que o porte interagiu tanto com local como com populações, o que significa dizer que a redução do acamamento pelo braquitismo não é a mesma em todos os locais nem para todas as populações. Em Guaíra e Piracicaba, por exemplo, o acamamento (raiz e colmo) dos milhos braquíticos representou 26% e 44% do observado nas normais, respectivamente. Na população 'VD4' a forma braquítica promoveu uma redução do acamamento (raiz + colmo) para 26% do normal, enquanto que na 'VF.1' esta foi para 42% do normal, havendo, neste caso uma menor redução. Com relação ao acamamento de raiz e quebra de colmo, os resultados da análise estatística foram muito similares aos observados para o acamamento (raiz + colmo), no que diz respeito aos efeitos significativos (Tabela 7). As diferenças entre populações foram significativas apenas para acamamento de raiz e pelo que se pode observar na Tabela 6, esta diferença ocorreu na média dos dois portes, distinguindo-se a população 'Maya' com menor acamamento de raiz.

Outro aspecto a salientar é que a redução do acamamento tanto do ponto de vista da quebra do colmo quanto da raiz, foi igualmente influenciado pelas formas braquíticas. O acamamento de raiz e quebra de colmo nas braquíticas foi 34,0% e 35,7% do observado nas normais. ANDERSON e CHOW (1963), BULOW (1971) e PATERNIANI (1980) observaram haver menor quebra dos colmos do que acamamento de raiz nas braquíticas. Piracicaba, foi o único lugar onde isto foi observado. Em média dos qua-

tro locais, a quebra do colmo representou em torno do dobro do acamamento de raiz e possivelmente os fatores responsáveis por estes níveis altos de quebra de colmo tenham influenciado igualmente as formas braquíticas.

Resumindo as considerações feitas, pode-se dizer que para as condições brasileiras as formas braquíticas representam uma vantagem real em relação aos tipos altos, ao produzirem tanto quanto estes e por acamarem muito menos.

O acamamento que se tem observado nos milhos de porte alto, representa um risco adicional à sua cultura, pelas dificuldades na colheita e perdas que acarreta, fazendo com que esta característica seja de grande prioridade no melhoramento. Considerando ainda o processo de tecnificação que ocorre com a agricultura no País, envolvendo necessariamente o milho, em especial do ponto de vista da colheita mecânica, a resistência ao acamamento é fundamental, uma vez que a máquina não coleta espigas caídas.

#### 4.3. Altura da Planta, da Espiga e Índice AE/AP

Um dos principais efeitos do gene br-2 é a redução do comprimento dos internódios da planta, sendo sua consequência direta a diminuição da altura da planta e da espiga. Os

trabalhos de vários autores têm demonstrado, com clareza, este efeito (Tabela 1 e 2), o mesmo ocorrendo com os resultados obtidos no presente trabalho.

Nas Tabelas 9, 9a, 11 e 11a encontram-se os resumos das análises da variância e os respectivos coeficientes de variação para altura da plantas, altura das espigas e índice AE/AP.

Pelo que se pode observar foram obtidos efeitos significativos tanto para altura da planta como para a altura da espiga. Em ambos os casos houveram efeitos altamente significativos para porte, interação porte x local e porte x população, para população e também para a interação tripla porte x local x população, indicando que a interação porte x local não foi uniforme para as diferentes populações. Os coeficientes de variação foram satisfatórios para os caracteres em questão. A Tabela 8 apresenta as médias de altura da planta e altura da espiga e como se pode notar, as populações de grãos duros 'VF.1' e 'VF.3' apresentaram-se de porte mais baixo e também com menor altura de espiga dentro de porte normal. Dentro das braquíticas houve também diferenças entre as populações para altura da planta, sendo a 'VD.2' e 'VF.3' de maior e menor altura de espiga, respectivamente. Com relação à altura da planta e da espiga as braquíticas apresentaram valores mais baixos com diferenças altamente significativas, sendo em média 69,0% e 58,4% das normais, respectivamente, para as duas caracte

rísticas consideradas.

O braquitismo não reduziu o porte e altura da espiga nas mesmas proporções nos diferentes locais. A maior redução ocorreu em Matão com 78,3% e 63,3% da altura dos normais e a menor em Guaíra com 59,5% e 50,9% das normais, respectivamente para altura da planta e da espiga. A interação entre porte e populações significa que para as populações estudadas, o efeito do caráter braquítico não foi uniforme entre elas, tanto para altura da planta quanto da espiga. Na população '*Maya*' ocorreram as maiores reduções em altura, especialmente da espiga, salientando-se ainda que foi a população normal de planta e espiga mais altas (Tabela 8).

O índice AE/AP reflete a posição relativa da primeira espiga no caule e os dados da literatura (Tabela 1 e 2) sugerem que as formas braquíticas, por terem os entrenós abaixo da primeira espiga reduzidos mais intensamente em comprimento que os acima, têm a espiga relativamente mais baixa no caule, isto é, um índice AE/AP menor. Os resultados da análise da variância a este respeito são apresentados na Tabela 11 tendo sido encontrados efeitos altamente significativos para porte, populações e interações porte x local, porte x populações e porte x população x local.

A Tabela 10 trás os resultados médios do índice AE/AP. As plantas braquíticas tiveram a espiga relativamente

mais baixa no caule do que as plantas altas, com sua posição ao comprimento do caule 15,9% mais baixa que a das plantas normais. O índice AE/AP foi também menor para as braquíticas dentro de todas as populações estudadas. Entretanto sua redução não foi uniforme entre elas, dada a interação porte x variedade observada. Esta interação não teve as mesmas proporções nos diferentes locais, visto a interação porte x população x local significativa.

Entre as plantas normais, as populações de grãos duros 'VF.1' e 'VF.3' apresentaram menor índice AE/AP ocorrendo o maior valor na população 'Maya'; por outro lado, nas braquíticas, a população Maya apresentou o menor índice e a 'VD.2' o maior.

A altura da planta tem sido relacionada a uma maior resistência ao acamamento o que, aliado a uma posição da espiga relativamente mais baixa no caule acrescenta maior resistência. Do ponto de vista do melhoramento de plantas não ha vendo tanta necessidade de se selecionar para altura de planta e de espiga, o esforço pode ser concentrado para a obtenção de ganhos em produção com maior chance de êxito.

#### 4.4. Número de Espigas por Plantas

Os resultados da análise da variância para es-

ta característica são apresentados nas Tabelas 11 e 11a. Apenas os efeitos de locais e populações foram significativos, bem como o efeito de variedades dentro de cada porte. Os coeficientes de variação foram satisfatórios.

A população 'VF.1' apresentou o maior número de espigas por planta tanto no porte baixo como alto, e a 'VD.4' por outro lado o menor número (Tabela 10). Entre as plantas braquíticas a 'VD.2' apresentou-se tão prolífica como a 'VF.1'.

A ausência de significância para o efeito de porte é interessante porque é uma indicação de que a presença do gene br-2 pode não afetar a prolificidade das plantas como ocorreu para as populações deste trabalho. Como a prolificidade é uma característica importante, pois tem sido associada a aumentos da produtividade e da estabilidade de produção (HALLAUER e TROYER, 1972) o fato de não ser incompatível com plantas braquíticas é positivo pois estas podem ser selecionadas para tal, ganhando em desempenho, como demonstrado por PATERNIANI (1980).

O desdobramento do efeito de porte dentro de populações mostrou para a 'VD.2' um efeito significativo, com o seu quadrado médio mais de dez vezes superior aos encontrados para porte dentro das demais variedades (Tabela 11a). Isto explica-se pelo fato da população 'Piranão VD.2' ter passado por quatro ciclos de seleção massal para prolifici-

dade. A *Piranão VF.1'* também o foi, porém neste trabalho não mostrou ganhos.

#### 4.5. Florescimento

Os resultados da análise da variância para o número de dias para o florescimento masculino, em dois locais, e o intervalo entre o florescimento masculino e feminino, em um local, encontram-se na Tabela 13 e 13a. Com relação ao número de dias para o florescimento masculino encontraram-se diferenças altamente significativas para os efeitos de local, populações e interação porte x populações e significativa para a interação populações x local. Os coeficientes de variação estiveram em torno de 1% (Tabela 13).

Os resultados médios obtidos encontram-se na Tabela 12 e como se pode notar a diferença em termos médios foi muito pequena e não significativa entre os portes. Entre populações, na média dos dois portes, houve diferenças significativas, com as populações '*VF.1'*' e '*VF.3'*', ambas de grãos duros, mostrando-se mais precoces que as demais. O desdobramento do efeito de populações dentro de cada porte mostrou diferenças também significativas, como se pode observar nas Tabelas 12 e 13a. As populações não se comportaram uniformemente nos diferentes locais, pois interagiram com eles, tendo o porte um

efeito consistente nos dois locais. A interação altamente significativa de porte x populações mostrou que o braquitismo provocou mudanças de magnitudes e até mesmo sentido diferentes nas populações, com relação à precocidade de florescimento masculino. Como exemplo, pode-se citar a população 'VF<sub>1</sub>' que foi significativamente mais tardia em média 2,4 dias e a 'Maia' que tornou-se mais precoce em 1,8 dias. Estes resultados sugerem que a discordância a este respeito pela literatura pode ser função dos germoplasmas estudados. CIMMYT (1972) e SINGH e RAY (1979) não observaram mudanças no número de dias para a floração com a introdução do gene br-2, entretanto ANDERSON e CHOW (1963) observaram que híbridos braquíticos ficaram um a três dias mais tardios.

Com relação ao intervalo entre o florescimento masculino e feminino, os dados referem-se unicamente aos obtidos em Piracicaba. A análise da variância (Tabelas 13 e 13a) mostrou efeito significativo apenas para porte dentro da variedade VD.2 e entre variedades dentro de porte baixo. Deve-se ressaltar que os coeficientes de variação para comparação de portes (12,5%) e de variedades (22,71%) podem ser considerados relativamente elevados.

Embora não se tenham observado diferenças entre tratamentos, chama a atenção a redução do intervalo entre o florescimento masculino e feminino encontrada na

população 'VD.2' para a forma braquítica em relação à normal (Tabela 12), o que também deve explicar as diferenças entre variedades de porte baixo.

Como os resultados são de apenas um local e cinco populações, a análise da variância talvez não tenha tido sensibilidade suficiente para detectar as diferenças entre os tratamentos e mais estudos seriam oportunos a este respeito. De qualquer maneira, como nos milhos braquíticos não foram obtidas diferenças significativas para o intervalo entre florescimento masculino e feminino bem como para o número de espigas por planta, pode-se concluir que, nas braquíticas, a dominância apical não deve ser menor.

#### 4.6. Número de Ramificações do Pendão

Os resultados da análise da variância encontram-se nas Tabelas 15 e 15a. Os coeficientes de variação relativamente baixos refletem uma precisão razoável dos ensaios. Foram encontradas diferenças altamente significativas para os efeitos de locais, porte, populações (tanto dentro de porte normal quanto braquítico) e interação porte x populações. Diferenças significativas também foram mostradas pelo porte dentro da maioria das populações (Tabela 15a).

Os resultados médios de número de ramificações do pendão são apresentados na Tabela 14. Pode-se verificar que

as populações 'VF.1' e 'VF.3', ambas de grãos duros, apresentaram os maiores pendões, tanto no porte normal quanto no braquítico, enquanto a 'VD.2' e 'Maya' tiveram os menores valores. O tamanho do pendão nas formas braquíticas foi em média 10,7% menor que nas normais. Entretanto, a redução do tamanho do pendão não foi da mesma magnitude nos diferentes materiais. Na população 'VF.1', a redução do tamanho do pendão não foi significativa, ficando a 97,2% da forma normal, porém nas demais foi altamente significativa (Tabelas 14 e 15a).

A redução em média de 10,7% no tamanho do pendão das formas braquíticas em relação aos tipos convencionais deste ensaio, embora não sendo grande é uma qualidade adicional que se ganha pela introdução do gene br-2, embora isto possa não ocorrer em todos os genótipos. Tem sido constatada uma alta correlação negativa entre tamanho do pendão e prolificidade (SOUZA Jr. *et alii*, 1981) e poderia se esperar um concomitante aumento do número de espigas por planta com redução do pendão. Entretanto, isto não ocorreu, possivelmente devido à pequena diminuição do pendão, e também porque a precisão do ensaio foi insuficiente para detectar ganhos em prolificidade (2,1%).

A obtenção de plantas baixas de pendões pequenos seria muito interessante como um meio de diminuir o efeito

de sombreamento e da dominância apical, tornando as plantas mais eficientes e de produção maior e mais estável.

#### 4.7. Espigas Pendentes

Os resultados da análise da variância encontram-se nas Tabelas 15 e 15a e mostram que diferenças altamente dignificativas para o caráter foram obtidas para o efeito de porte, na média geral e dentro de cada população. Os coeficientes de variação foram relativamente altos.

Os resultados médios de porcentagem de espigas pendentes são apresentados na Tabela 14. As populações apresentaram em média 32,1% e 14,8% de espigas pendentes nas formas normais e braquíticas, respectivamente.

Espigas com pedúnculo longo são mais propensas a serem pendentes, uma vez que maior será a força exercida pela espiga, devido ao seu peso. A menor frequência de espigas pendentes nas formas braquíticas (46,1% das normais) deve ter ocorrido em função do encurtamento dos entrenós do pedúnculo da espiga. O encurtamento dos entrenós do pedúnculo é uma suposição que necessita de comprovação experimental.

A espiga pendente apresenta a vantagem de maior proteção dos grãos contra umidade e as doenças. Entretanto havendo bom empalhamento a proteção da espiga é bastante satisfatória.

## 5. CONCLUSÕES

1. As populações de milho braquíticos foram tão produtivas quanto às correspondentes de porte normal. Em ordem decrescente as populações se classificaram como segue: '*Piranão VD.2*', '*Mayanão II*' e '*Piranão VF.1*', cujas produções em relação às normais foram: 99,5%, 97,1% e 99,3%, respectivamente.

2. O acamamento de plantas das populações braquíticas correspondeu a 35,3% dos valores apresentados pelos milhos normais, ocorrendo reduções similares para o quebraamento do colmo e acamamento da raiz.

3. As formas braquíticas com altura média da planta de 169,8 cm e altura média da espiga de 90,8 cm foram respectivamente, 31,0% e 41,6% mais baixas do que as correspondentes normais.

4. A posição relativa da espiga foi mais baixa nos milhos braquíticos. O índice AE/AP foi de 0,53 e 0,63 pa

ra os milhos braquíticos e normais, respectivamente.

5. Não houve diferença, em termos médios, para o efeito de porte, quanto ao número de espigas por planta.

6. O número de dias para o florescimento masculino, ao redor de 75 dias, foi similar para os milhos braquíticos e para os normais. Também o intervalo entre o florescimento masculino e feminino, ao redor de 2,6 dias foi semelhante para os dois grupos.

7. As populações braquíticas apresentaram em média menor número de ramificações do pendão (89,3% em relação às normais). As populações 'VF.1' e 'VF.3', ambas de grãos duros apresentaram os maiores pendões nos dois portes de planta. Em uma das populações ('Maya') a forma braquítica teve o pendão maior que a normal, ao contrário das demais.

8. As populações braquíticas apresentaram uma proporção menor de espigas pendentes com 46,1% do valor obtido nos milhos normais.

Em vista dos resultados apresentados pela populações braquíticas, pode-se concluir finalmente que elas são viáveis para as condições brasileiras. O procedimento de redução do porte de plantas pela introdução do gene br-2, em populações, é uma alternativa válida.

## LITERATURA CITADA

- ALLISON, J.C.S. e D.J. WATSON, 1966. The production and distribution of dry matter in maize after flowering. *Annals of Botany*. Londres, 30:365-381.
- ANDERSON, J.C. e P.N. CHOW, 1963. Phenotypes and grain yield associated with brachytic - 2 gene in single - cross hybrids of dent corn. *Crop Science*. Madison, 3:111-3.
- ANDERSON, I.C., 1967. Plant characteristics that affect yield. *Proceedings of the 22<sup>th</sup> Annual Hybrid Corn Industry - Research Conference*. Washington, 22:71-73.
- ANDRADE, J.A.C. e J.B. MIRANDA FILHO, 1979. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres do pendão na população 'ESALQ-PB1' de milho. *Relatório Científico do Instituto de Genética - ESALQ/USP*. Piracicaba, 13:15-21.

- ARIYANAYAGAM, R.P., C.L. MOORE e V.R. CARANGAL, 1974. Selection for leaf angle in maize and its effects on grain yield and other characters. *Crop Science*. Madison, 14:551-556.
- BANDEL, G., 1978. Genética. In: PATERNIANI, E., Coord. *Melhoramento e Produção do Milho no Brasil*. Piracicaba, Marprint, p.97-121.
- BROWN, W.L., 1965. Physical characteristics of corn of the future. *Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual Hybrid corn Industry - Research Conference*. Washington, 20:7-16.
- BÜLOW, J.F.W., 1971. Efeitos do gen braquítico - 2 em populações análogas em híbrido de milho (*Zea mays* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Rio de Janeiro, 6:155-161.
- BUREN, L.L., J.J. MOCK e I.C. ANDERSON, 1974. Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. *Crop Science*. Madison, 14:426-429.
- CAMPBELL, C.M., 1965. New dwarfs and modifiers. *Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual Hybrid Corn Industry - research Conference*. Washington, 20:22-29.
- CHASE, S.S. e K.K. NANDA, 1967. Number of leaves and maturity classification in *Zea mays* L. *Crop Science*. Madison, 7:431-432.

- CHINWUBA, P.M., C.O. e M.S. ZUBER, 1961. Interation of detasseling, sterility, and spacing on yields of maize hybrids. *Crop Science*. Madison, 1:279-280.
- CIMMYT, 1972. Maiz-Mejoramiento Genético. *Informe Anual del CIMMYT*. p.94-102.
- COLLINS, W.C., W.A. RUSSELL e S.A. EBERHART, 1965. Performance of Twoear type of corn belt maize. *Crop Science*. Madison, . 113-116.
- CROPS and SOILS, 1960. What is the future role of dwarf corn? *Crops and Soils*. Madison, 12:9-11.
- CROSBIE, T.M., 1977. Variability and selection advances for photosynthesis in Iowa Stiff Stalk Synthetic maize population. *Crop Science*. Madison, 17:511-514.
- CROSBIE, T.M., 1981. Recurrent phenotypic selection for high and low photosynthesis in two maize populations. *Crop Science*. Madison, 21:736-740.
- CROSBIE, T.M. e J.J. MOCK, 1981. Changes in physiological traits associated with grain yield improvement in three maize breeding programs. *Crop Science*. Madison, 21:255-259.

- CROSS, H.Z., 1975. Diallel analysis of duration and rate of grain filling of seven inbred lines of corn. *Crop Science*. Madison, 15:532-535.
- DATA, S.K., A.C. TAURO e S.N. BALADING, 1968. Effect of plant type and nitrogen level on the growth characteristics and grain yield of Indica rice in the tropics. *Crop Science*. Madison, 60:643-647.
- DAYNARD, T.B., J.W. TANNER e D.J. HUME, 1969. Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield in corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*. Madison, 9:831-834.
- DAYNARD, T.B., J.W. TANNER e W.G. DUNCAN, 1971. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn, *Zea mays* L. *Crop Science*. Madison, 11:45-48.
- DAYNARD, T.B. e L.W. KANNENBERG, 1976. Relationships between length of the actual and effective grain filling periods and the grain yield of corn. *Canadian Journal of Plant Science*. Ottawa, 56:237-242.
- DENMEAD, O.T., L.J. FRITSCHEN e R.H. SHAW, 1962. Spatial distribution of net radiation in a corn field. *Agronomy Journal*. Madison, 54:505-510.

- DONALD, C.M., 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica*. Wageningen, 17:385-403.
- DUNCAN, W.G., A.L. HATFIELD e J.L. RAGLAND, 1965. The growth and yield of corn. II. Dayly growth of corn kernels. *Agronomy Journal*. Madison, 57:221-223.
- DUNCAN, W.G., W.A. WILLIAMS e R.S. LOOMIS, 1967. Tassels and the productivity of maize. *Crop Science*. Madison, 7:37-39.
- DUNCAN, W.G. e J.D. HESKETH, 1968. Net photosynthetic rates, relative leaf growth rates, and leaf numbers of 22 races of maize at eight temperatures. *Crop Science*. Madison, 8:670-677.
- DUNCAN, W.G., 1971. Leaf angles, leaf area, and canopy photosynthesis. *Crop Science*. Madison, 11:482-485.
- DUNCAN, W.G., 1972. Plant spacing, density, orientation, and light relationships as related to different corn genotypes. *Proceedings of the 27<sup>th</sup> Annual Corn and Sorghum Research Conference*. Washington, 27:159-166.
- DUVICK, D.N., 1958. Yield and other agronomic characteristics of cytoplasmically pollen sterile corn hybrids, compared to their normal counterparts. *Agronomy Journal*. Madison, 50:121-125.

- DUVICK, D.N., 1974. Continuous backcrossing to transfer prolificacy to a single-eared inbred line of maize. *Crop Science*. Madison, 14:69-71.
- EARLEY, E.B., R.J. MILLER, G.L. REICHERT, R.H. HAGEMAN e R.D. SEIF, 1966. Effect of shade on maize production under fields conditions. *Crop Science*. Madison, 6:1-7.
- EARLEY, E.B., W.O. McILRATH, R.D. SEIF e R.H. HAGEMAN, 1967. Effects of shade applied at different stages of plant development on corn (*Zea mays* L.) production. *Crop Science*. Madison, 7:151-156.
- EASTIN, J.A., 1969. Leaf position and leaf function in corn-carbon-14 labeled photosynthate distribution in corn in relation to leaf position and leaf function. *Proceedings of the 24<sup>th</sup> Annual Corn and Sorghum Research Conference*. Washington, 24:81-89.
- EIK, K. e HANWAY, J.J., 1965. Some factors affecting development and longevity of leaves of corn. *Agronomy Journal*. Madison, 57:7-12.
- EIK, K. e HANWAY, J.J., 1966. Leaf area in relation to yield of corn grain. *Agronomy Journal*. Madison, 58:16-18.

- EVANS, L.T. e I.F. WARDLAW, 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Advances in Agronomy*. New York, 28:301-351.
- FILIPPOV, G.L. e N.V. VISHNEVSKII, 1982. Basis of an ecological and physiological model for a drought-resistant maize hybrid. *Plant Breeding Abstract*. Londres, 52:263.
- GALVÃO, J.D. e E. PATERNIANI, 1974. Comportamento do milho 'Piranão' (braquiítico-2) e de milhos de porte normal em diferentes níveis de nitrogênio e populações de plantas. *Tese de Doutorado - ESALQ/USP*. Piracicaba, 106p.
- GROGAN, C.O., 1956. Detasseling responses in corn. *Agronomy Journal*. Madison, 48:247-249.
- HALLAUER, A.R. e A.F. TROYER, 1972. Prolific corn hybrids and minimizing risk of stress. *Proceedings of the 27<sup>th</sup> Annual Corn and Sorghum Research Conference*. Washington, 27:140-158.
- HANWAY, J.J., 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility: I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. *Agronomy Journal*. Madison, 54:145-148.

- HANWAY, J.J., 1963. Growth stages of corn (*Zea mays* L.).  
*Agronomy Journal*. Madison, 55:487-491.
- HANWAY, J.J. e W.A. RUSSELL, 1969. Dry-matter accumulation in  
corn (*Zea mays* L.) plants: Comparisons among single-cross  
hybrids. *Agronomy Journal*. Madison, 61:947-951.
- HEICHEL, G.H. e R.B. MUSGRAVE, 1969. Varietal differences in  
net photosynthesis of *Zea mays* L. *Crop Science*. Madison,  
9:483-486.
- HESKETH, J.D. e R.B. MUSGRAVE, 1962. Photosynthesis under  
field conditions. IV. Light studies with individual corn  
leaves. *Crop Science*. Madison, 2:311-315.
- HICKS, D.R. e R.E. STUCKER, 1972. Plant density effect on  
grain yield of corn hybrids diverse in leaf orientation.  
*Agronomy Journal*. Madison, 64:484-487.
- HOYT, P. e R. BRADFIELD, 1962. Effect of varying leaf by  
partial defoliation and plant density on dry matter  
production in corn. *Agronomy Journal*. Madison, 54:523-525.
- HUNTER, R.B., T.B. DAYNARD, D.J. HUME, J.W. TANNER, J.D. CURTIS,  
e L.W. KANNENBERG, 1969. Effect of tassel removal on grain  
yield of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*. Madison,  
9:405-406.

- HUNTER, R.B., 1980. Increased leaf area (source) and yield of maize in short-season areas. *Crop Science*. Madison, 20:571-574.
- IRRI, 1966. Growth and yield. *The IRRI Reporter*. Manila, 2:1-3.
- JENNINGS, P.R., 1964. Plant type as a rice breeding objective. *Crop Science*. Madison, 4:13-15.
- JENNINGS, P.R., 1966. The evolution of plant type in *Oryza sativa* L. *Economic Botany*. Bronx, 20:369-402.
- JOHNSON, R.R.; K.E. McCLURE, L.J. JOHNSON, E.W. KLOSTERMAN e G.B. TRIPLETT, 1966. Corn plant maturity. I- Changes in dry matter and protein distribution in corn plants. *Agronomy Journal*. Madison, 58:151-153.
- JOHNSON, D.R. e J.W. TANNER, 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*. Madison, 12:485-486.
- KATTA, Y.S. e M.C. GIL, 1970. Some reasons for depressed yield in dwarf corns. *Maize Genetics Cooperation News Letter*. Columbia, 44:24-25.

- KEMPTON, J.H., 1920. Heritable characters of maize. III. brachytic culms. *Journal of Heredity*. Washington, 11:111-115.
- KHERA, A.S.; V.V. MALHOTRA, V.K. SAXENA e B.S. DHILLON, 1975. Role of brachytic-2 in genetic improvement of maize. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*. Alexandria, 4:430-2.
- LAMBERT, R.J., 1963. Location of brachytic-2 dwarf. *Maize Genetics Cooperation News Letter*. Columbia, 37:41-42.
- LAMBERT, R.J., 1971. Corn plant geometry and the performance of maize hybrids. *Proceedings of the 26<sup>th</sup> Hybrid Corn Industry-Research Conference*. Washington, 26:193-197.
- LAMBERT, R.J. e R.R. JOHNSON, 1978. Leaf angle, tassel morphology, and the performance of maize hybrids. *Crop Science*. Madison, 18:499-502.
- LAWLOR, D.W., 1979. Effects of water and heat stress on carbon metabolism of plants with C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> photosynthesis. In: MUSSELL, H. e R.C. STAPLES. *Stress Physiology in Crop Plants*. New York, Wiley Interscience, p.303-326.

- LEITE, D.R. e E. PATERNIANI, 1973. Comportamento de milho (*Zea mays* L.) braquiítico-2 em diferentes densidades de plantio. *Relatório Científico do Instituto de Genética, ESALQ/USP*. Piracicaba, 7:74-82.
- LENG, E.R. e M.L. VINEYARD, 1951. Dwarf and short plants. *Maize Genetics Cooperation News Letter*. Columbia, 25:31-32.
- LENG, E.L., 1957. Genetic production of short stalked hybrids. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual Hybrid Corn Industry-Research Conference*. Washington, 12:81-87.
- LOOMIS, R.S. e W.A. WILLIAMS, 1963. Maximum Crop Productivity: An Estimate. *Crop Science*. Madison, 3:67-72.
- MACKINNON, J.C., 1979. Energy allocation during growth of six maize hybrids in Nova Scotia. *Canadian Journal of Plant Science*. Ottawa, 59:667-677.
- MAGALHÃES, A.C. e W.J. SILVA, 1978. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E., Coord. *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Piracicaba, Marprint, p.349-375.
- MAGALHÃES, A.C.N., 1979. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G., Coord. *Fisiologia Vegetal*. São Paulo, EPU, p.331-313.

MOCK, J.J. e R.B. PEARCE, 1975. An ideotype of maize.

*Euphytica*. Wageningen, 24:613-623.

MOSS, D.N.; R.B. MUSGRAVE e E.R. LEMON, 1961. Photosynthesis under field conditions. III. Some effects of light, carbon dioxide, temperature, and soil moisture on photosynthesis, respiration, and transpiration of corn. *Crop Science*. Madison, 1:83-87.

MOSS, D.N., 1962. The limiting carbon dioxide concentration for photosynthesis. *Nature*. Basingstoke, 193:587.

MOSS, D.N., 1964. Optimum lighting of leaves. *Crop Science*. Madison, 4:131-136.

MOSS, D.N. e D.E. PEASLEE, 1965. Photosynthesis of maize leaves as affected by age and nutrient status. *Crop Science*. Madison, 5:280-281.

MUSGRAVE, R.B., 1971. Photosynthetic efficiency in corn. *Proceedings of the 26<sup>th</sup> Annual Corn and Sorghum Research Conference*. Washington, 26:186-191.

NASYROV, Y.S., 1978. Genetic control of photosynthesis and improving of crop productivity. *Annual Review of Plant Physiology*. Palo Alto, 29:215-237.

- NORCIO, N.V. e E.B. PANTASTICO, 1973. The effect of nitrogen and stage of growth on photosynthesis rates of some lowland rice varieties. *The Philippine Agriculturist*. Los Baños, 52:116-127.
- NUNEZ, R. e E. KAMPRATH, 1969. Relationship between N response, plant population and row width on growth and yield of corn. *Agronomy Journal*. Madison, 61:279-282.
- PARIS, C.G., 1980. Impacto de las nuevas variedades de arroz en el desarrollo del cultivo. *Arroz*. Bogotá, 29:24-25.
- PATERNIANI, E., 1971. Comportamento de milhos de porte baixo em duas densidades de plantio. *Relatório Científico do Instituto de Genética - ESALQ/USP*. Piracicaba, 5:133-135.
- PATERNIANI, E., 1974. Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos no milho Piranão. *Relatório Científico do Instituto de Genética - ESALQ/USP*. Piracicaba, 6:174-9.
- PATERNIANI, E., J.R. ZINSLY e J.B. MIRANDA FILHO, 1977. Populações melhoradas de milho obtidas pelo Instituto de Genética. *Relatório Científico do Instituto de Genética, ESALQ/USP*. Piracicaba, 11:108-114.

- PATERNIANI, E., 1980a. Seleção massal com controle biparental para prolificidade em milho. *Relatório Científico do Instituto de Genética - ESALQ/USP*. Piracicaba, 14:69-76.
- PATERNIANI, E., 1980b. Avaliação de cultivares de milhos braquíticos. *Relatório Científico do Instituto de Genética - ESALQ/USP*. Piracicaba, 14:61-68.
- PATERNIANI, E., 1981a. Influence of tassel size on ear placement in maize (*Zea mays* L.). *Maydica*. Bergamo, 26:85-91.
- PATERNIANI, E., 1981b. O tamanho do pendão e suas relações com o índice altura de espiga/altura de planta e com a produtividade no Ensaio Nacional de Milho Normal. *Relatório Científico do Instituto de Genética - ESALQ/USP*. Piracicaba, 15:135-151.
- PEASLEE, D.E.; J.L. RAGLAND e W.G. DUNCAN, 1971. Grain filling period of corn as influenced by phosphorus, potassium, and the time of planting. *Agronomy Journal*. Madison, 63:561-563.
- PEIXOTO, T.C., E. PATERNIANI e L.A. LOSCHIAVO, 1976. O efeito da introdução de poligenes para redução da parte das plantas de milho (*Zea mays* L.). *Relatório Científico do Instituto de Genética - ESALQ/USP*. Piracicaba, 10:174-177.

- PENDLETON, J.W. e R.D. SEIF, 1961. Plant population and row spacing studies with brachytic 2 dwarf corn. *Crop Science*. Madison, 1:433-5.
- PENDLETON, J.W., D.B. EGLI e D.B. PETERS, 1967. Response of *Zea mays* L. to a light rich field environment. *Crop Science*. Madison, 59:395-397.
- PENDLETON, J.W., 1968. Light relationships and corn plant geometry. *Proceedings of the 23<sup>th</sup> Annual Corn and Sorghum Research Conference*. Washington, 23:90-95.
- PENDLETON, J.W., G.E. SMITH, S.R. WINTER e T.J. JOHNSTON, 1968. Field investigations of the relationships of leaf angle in corn (*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. *Agronomy Journal*. Madison, 60:422-424.
- PIMENTEL GOMES, F., 1963. *Curso de Estatística Experimental*. São Paulo, Nobel. 430p.
- POEY, F.R.D., 1973. Otra jornada en la Revolution Verde: Maices enanos en México. *Agricultura de las Américas*. Kansas City, 22, p.20, 21, 38, 42 e 48.
- PONELEIT, C.G. e D.B. EGLI, 1979. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype. *Crop Science*. Madison, 19:385-388.

- PONELEIT, C.G., D.B. EGLI, P.L. CORNELIUS e D.A. REICOSKY, 1980. Variation and associations of kernel growth characteristics in maize populations. *Crop Science*. Madison, 20:766-770.
- POZAR, G., 1981. Interação da arquitetura da planta e espaçamento na produtividade do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP. (Tese de Mestrado). 75p.
- PRINE, G.M., 1971. A critical period for ear development in maize. *Crop Science*. Madison, 11:782-786.
- RAVEN, J.A. e S.M. GLIDEWELL, 1981. Process limiting photosynthetic conductance. In: JOHNSON, C.V. *Physiological Processes Limiting Plant Productivity*. Londres, Camelot press, p.109-136.
- RISSI, R., G.P. VIEGAS, E. PATERNIANI e J.B. MIRANDA FILHO, 1976. Comportamento de híbridos e populações de milho (*Zea mays* L.) de porte baixo, em duas densidades de plantio e em quatro locais. *Relatório Científico Instituto de Genética - ESALQ/USP*. Piracicaba, 10:186-196.
- ROOD, S.B. e D.J. MAJOR, 1981. Diallel analysis of leaf number, leaf development rate, and plant height of early maturing maize. *Crop Science*. Madison, 21:867-873.

- RUSSEL, W.A., 1968. Testcrosses of one and two-ear types of corn belt maize inbreds. I. Performance at four plant stand densities. *Crop Science*. Madison, 8:244-247.
- RUSSEL, W.A., 1972. Effect of leaf angle on hybrid performance in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*. Madison, 90-92.
- SAINI, S.S., 1976. Impact of semidwarfs on the area planted, production, and yield of rice in the Punjab of India. *International Rice Research Newsletter*. Manila, 3:2-3.
- SANFORD, J.O., C.O. GROGAN, H.V. JORDAN e P.A. SARVELLA, 1965. Influence of male-sterility on nitrogen utilization in corn, *Zea mays* L. *Agronomy Journal*. Madison, 57:580-583.
- SASS, J.E. e F.A. LOEFFEL, 1959. Development of axillary buds in maize in relation to barrenness. *Agronomy Journal*. Madison, 51:484-486.
- SAWAZAKI, E., 1980. Melhoramento da cultivar de milho 'IAC Maya'. Campinas, Fundação Cargil. 49p.
- SCARSBROOK, C.E. e B.D. DOSS, 1973. Leaf area index and radiation as related to corn yield. *Agronomy Journal*. Madison, 65:459-461.

- SCHIMIDT, W.H. e W.L. COLVILLE, 1967. Yield and yield components of *Zea mays* L. as influenced by artificially induced shade. *Crop Science*. Madison, 7:137-140.
- SCOTT, G.E. e C.M. CAMPBELL, 1969. Internode length in normal and brachytic-2 maize inbred and single crosses. *Crop Science*. Madison, 9:293-5.
- SESTAK, Z., 1981. Leaf ontogeny and photosynthesis. In: JOHNSON, C.B. *Physiological Process Limiting Plant Productivity*. Londres, Camelot Press. p.147-158.
- SIEMER, E.G., E.R. LENG e O.T. BONNETT, 1969. Timing and correlation of major developmental events in maize, *Zea mays* L.. *Agronomy Journal*. Madison, 14:14-17.
- SILVA, W.J., H. HIRATO, D.M. MEDINA e R.S. LONGO, 1976. Características anatômicas e morfológicas do novo cultivar de milho 'Erecta'. *Ciência e Cultura*. São Paulo, 28:657-664.
- SINGH, H. e B. RAI, 1979. Differences in morphological characters and yield of important maize genotypes and their recovered brachytic versions. *Indian Journal of Agricultural Science*. New Delhi, 49(10):758-63.
- SINGLETON, W.R., 1959. Height potencial in brachytic-2 dwarf hybrids. *Maize Genetics Cooperation News Letter*. Columbia, 33:3-4.

- SOLONENKO, T.A. e T.S. CHALYK, 1975. A study of dwarf maize hybrids. *Plant Breeding Abstracts*. Londres, 45:279.
- SOUZA Jr., C.L.; I.O. GERALDI e J.R. ZINSLY, 1981. Influência do tamanho do pendão na expressão da prolificidade em milho (*Zea mays* L.). *Relatório Científico do Instituto de Genética - ESALQ/USP*. Piracicaba, 15:248-257.
- SOUZA Jr., C.L. e J.R. ZINSLY, 1981. Avaliação de variedades de milho (*Zea mays* L.) braquiítico-2 em cruzamentos dialéticos. *Relatório Científico do Instituto de Genética, ESALQ/USP*. Piracicaba, 15:271-284.
- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE, 1960. *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw-Hill. 481p.
- STEIN, O.L., 1955. Rates of leaf initiation in two mutants of *Zea mays* L., dwarf-1 and brachytic-2. *American Journal of Botany*. Baltimore, 42:885-892.
- STINSON Jr., H.T. e D.N. MOSS, 1960. Some effects of shade upon corn hybrids tolerant and intolerant of dense planting. *Agronomy Journal*. Madison, 52:482-484.
- TANNER, C.B., A.E. PETERSON e J.R. LOVE, 1960. Radiant energy exchange in a corn field. *Agronomy Journal*. Madison, 52:373-379.

- THOMPSON, J.C. e H.L. EVERETT, 1963. Brachytic-2 dwarf hybrids. *Maize Genetics Cooperation News Letter*. Columbia, 37:20.
- TOLLENAAR, M., 1977. Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review. *Maydica*. Bergamo, 12:48-75.
- TOLLENAAR, M. e T.B. DAYNARD, 1978. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a shortseason environment. *Agronomy Journal*. Madison, 70:219-223.
- TREBATH, B.R. e J.F., 1975. Leaf inclination and crop production. *Field Crop Abstracts*. Aberystwyth, 28:231-244.
- TREGUBENKO, M.J. e V.I. NEPOMNJASCIJ, 1971. The water consumption of brachytic maize hybrids in relation to their yield. *Plant Breeding Abstracts*. Londres, 41:340.
- TSOTSIS, B., 1972. Objectives of industry breeders to make efficient and significant advances in the future. *Proceedings of the 27<sup>th</sup> Annual Corn and Sorghum Research Conference*. Washington, 27:93-107.

- YAO, A.Y.M. e R.H. SHAW, 1964. Effect of plant population and planting pattern of corn on water use and yield. *Agronomy Journal*. Madison, 56:147-152.
- WILLIAMS, W.A., R.S. LOOMIS e C.R. LEPLEY, 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density. I. Productivity in relation to interception of solar radiation. *Crop Science*. Madison, 5:211-215.
- WILSON, D., 1981. Breeding for morphological and physiological traits. In: FREY, K.J. *Plant Breeding II*. Ames, Iowa State Univ. Press., p.233-290.
- WINTER, S.R. e A.J. OHLROGGE, 1973. Leaf angle, leaf area, and corn (*Zea mays* L.) yield. *Agronomy Journal*. Madison, 65:395-397.
- WIT, C.T., H.H. VANLAAR e H. VAN KEULEN, 1979. Physiological potential of crop production. In: ZAADHANDEL, K.K. e D.J. HAVE. *Plant Breeding Perspectives*. Wageningen, Pudoc., p.47-77.
- WITTWER, S.H., 1974. Maximum production capacity of food crops. *Bio Science*. Washington, 24:216-224.

APĚNDICE

Tabela 4 - Valores médios de produção e acamamento obtidos de populações de milho normais e braquíticas, em quatro locais (Piracicaba, Matão, Guaíra e Ituiutaba), no ano agrícola 1981/82.

Populações	Produção a 0% de umidade			Acamamento (raiz + colmo)		
	Kg/ha		Braq./Norm. (%)	%		Braq./Norm. (%)
	Normais	Braquíticas		Normais	Braquíticas	
VD. 2.	4142a	4126a <sup>a/</sup>	99,6	31,8abc	13,3**	41,8
VF. 1	3873a	3850b	99,4	31,4bc	13,3**	42,4
VD. 4	3823a	3625c	94,8	38,3a	9,8**	25,6
VF. 3	3424b	3156d	92,2	36,6ab	13,1**	35,8
Maya	3977a	3872b	97,4	29,0c	9,3**	32,1
Médias	3848	3726	96,7	33,4	11,8**	35,3

<sup>a/</sup> Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

\*\*Diferenças significativas ao nível de 1%, entre médias de um mesmo carácter em cada linha, pelo teste de F.

Tabela 5 - Resumo das análises da variância para produção e acamamento de plantas (raiz + colmo), do ensaio competição de populações de milho normais e braquíticas. Resultados de quatro locais no ano agrícola 1981/82.

Fontes de variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Produção	Acamamento (raiz + colmo)
Local (L)	3	27,588586**	76,490162**
Porte (P)	1	0,854611	333,990092**
P x L	3	0,813258	8,892698**
Resíduo a	8,2(19)	0,562388	1,555813
Variedade (V)	4	4,555721**	2,007651
V x L	12	0,625950	1,176074
Resíduo b	76	0,518991	1,054945
P x V	4	0,139502	2,382496**
P x V x L	12	2,989507**	0,572439
Resíduo c	76	0,226815	0,747824
C.V. a (%)		13,01	27,96
C.V. b (%)		19,02	23,02
C.V. c (%)		12,58	19,38

a/ Os números entre parâmetros referem-se aos G.L. para acamamento (raiz + colmo).

\*\*Significativo ao nível de 1%, pelo teste de F.

Tabela 5a.- Desdobramento da análise da variância para produção e acamamento de plantas (raiz + colmo) para os efeitos de partes dentro de variedades e de variedades dentro de portes.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Produção	Acamamento (raiz + colmo)
Porte/Variedade (P/V)	5		
P/V-VD.2	1	0,002817	46,395446**
P/V-VF.1	1	0,006106	46,667000**
P/V-VD.4	1	0,446105	111,343628**
P/V-VF.3	1	0,830270	74,330623**
P/V-Maya	1	0,127313	64,783377**
Resíduo calculado	43,7(84,3) <sup>a/</sup>	0,294136	0,909422
Variedade/Porte (V/P)	8		
V/P - alto	4	1,633192**	2,558528*
V/P - baixo	4	3,062029**	1,831619
Resíduo calculado	131,0(147,7)	0,372903	0,901385

<sup>a/</sup> Os números entre parênteses referem-se aos G.L. para acamamento (raiz + colmo).

\*,\*\*Significativo aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 6 - Médias de acamamento pela raiz e quebra de colmo obtidas de populações de milho normais e braquíticas, em quatro locais (Piracicaba, Matão, Guaira e Ituiutaba), no ano agrícola 1981/82.

Populações	Acamamento de raiz			Quebra de colmo		
	%		Braq./Norm. (%)	%		Braq./Norm. (%)
	Normais	Braquíticas		Normais	Braquíticas	
VD. 2	10,4a <sup>a/</sup>	4,8**	46,2	21,4	8,4**	39,2
VF. 1	8,3ab	3,3**	39,8	23,1	9,9**	42,9
VD. 4	12,0a	3,0**	25,0	26,2	6,8**	26,0
VF. 3	9,8a	2,6**	26,5	26,7	10,4**	39,0
Maya	6,2b	2,1**	33,9	22,8	7,2**	31,6
Médias	9,4	3,2**	34,0	24,1	8,6**	35,7

<sup>a/</sup> Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

\*,\*\* Diferenças significativas ao nível de 1%, entre médias de um mesmo caracter em cada linha, pelo teste de F.

Tabela 7 - Resumo das análises da variância para percentagem de plantas acamadas de raiz e percentagem de plantas quebradas, do ensaio competição de populações de milhos normais e braquíticos. Resultados de quatro locais no ano agrícola 1981/82.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Acamamento (raiz)	Quebra de colmo
Local (L)	3	30,750810**	147,852269**
Porte (P)	1	81,445148**	221,016478**
P x L	3	6,272831*	11,612733**
Resíduo a	19	1,514510	0,951174
Variedades (V)	4	3,269114**	1,222231
V x L	12	0,837252	0,440784
Resíduo b	76	0,675637	1,266250
P x V	4	0,882956	1,075755
P x V x L	12	0,735625	0,550170
Resíduo c	76	0,759586	0,701944
CVa (%)		55,66	26,61
CVb (%)		37,17	30,71
CVc (%)		39,42	22,86

\*,\*\*Significativo aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 7a - Desdobramento da análise da variância para percentagem de plantas acamadas de raiz e percentagem de plantas quebradas, para os efeitos de portes dentro de variedades e de variedades dentro de portes.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Acamamento (raiz)	Quebra de colmo
Porte/Variedade (P/V)	5		
P/V-VD.2	1	10,483036**	32,500790**
P/V-VF.1	1	16,401501**	32,115116**
P/V-VD.4	1	27,650144**	66,704973**
P/V-VF.3	1	21,386021**	49,184278**
P/V-Maya	1	9,056272**	44,814340**
Resíduo calculado	85,6(93,4) <sup>a/</sup>	0,910571	0,751790
Variedade/Porte (V/P)	8		
V/P - alto	4	2,861643**	1,442574
V/P - baixo	4	1,290445	0,855412
Resíduo calculado	151,5(140,4)	0,717612	0,984097

<sup>a/</sup> Os números entre parênteses referem-se aos G.L. para quebra de colmo.

\*\*Significativo ao nível de 1%, pelo teste de F.

Tabela 8 - Valores médios de altura da planta e da espiga obtidos de populações de milho normais e braquíticas, em quatro locais (Piracicaba, Matão, Guaíra e Ituiutaba), no ano agrícola 1981/82.

	Altura da Planta			Altura da Espiga		
	cm		Braqu./Norm. (%)	cm		Braqu./Norm. (%)
	Normais	Braquíticas		Normais	Braquíticas	
VD. 2	246,0ab <sup>a/</sup>	173,8ab**	70,6	155,1bc	98,6a**	63,6
VF. 1	239,3b	169,5abc**	70,8	143,1d	91,7b**	64,1
VD. 4	247,0ab	167,4bc**	67,8	158,5b	91,2bc**	57,5
VF. 3	240,4b	164,1c**	68,3	150,2c	85,5c**	56,9
Maya	257,9a	174,2a**	67,6	170,6a	86,8bc**	50,9
Médias	246,1	169,8**	69,0	155,5	90,8**	58,4

<sup>a/</sup> Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

\*\*Diferenças significativas ao nível de 1%, entre médias de um mesmo caracter em cada linha, pelo teste de F.

Tabela 9 - Resumo das análises de variância para altura da planta e altura da espiga, do ensaio Competição de Populações de Milho Normais e Braquíticas. Resultados de quatro locais no ano agrícola 1981/82.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Altura da planta	Altura da espiga
Local (L)	3	15.779,883**	15.763,694**
Porte (P)	1	349.683,011**	251.294.817**
P x L	3	6.166,503**	995,428*
Resíduo a	20	358,138	198,285
Variedades (V)	4	1.385,225**	1.304,025**
V x L	12	111,989	112,597
Resíduo b	80	166,434	97,663
P x V	4	369,200**	1.841,379**
P x V x L	12	637,841**	16.718,165**
Resíduo c	80	80,294	87,701
CVa (%)		9,10	11,44
CVb (%)		6,20	8,02
CVc (%)		4,31	7,60

\*,\*\*Significativo aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 9a - Desdobramento da análise da variância para altura da planta e altura da espiga, para os efeitos de portes dentro de variedades e de variedades dentro de porte.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Altura da planta	Altura da espiga
Porte/Variedade(P/V)	5		
P/V-VD.2	1	62.568,521**	38.363,521**
P/V-VF.1	1	58.590,188**	31.724,083**
P/V-VD.4	1	76.002,083**	54.203,521**
P/V-VF.3	1	69.997,688**	50.116,688**
P/V-Maya	1	84.001,333**	84.252,521**
Resíduo calculado	59,9(86,0) <sup>a/</sup>	135,823	109,818
Variedade/Porte(V/P)	8		
V/P - alto	4	1.307,946**	2.515,458**
V/P - baixo	4	446,479**	629,946**
Resíduo calculado	142,6(159,5)	123,364	92,682

<sup>a/</sup> Os números entre parênteses referem-se aos G.L. apenas para altura da espiga.

\*\*Significativo ao nível de 1%, pelo teste de F.

Tabela 10 - Valores médios para o índice AE/AP (posição relativa da espiga) e número de espigas por planta de populações de milho normais e braquí-ticas, em quatro locais (Piracicaba, Matão, Guaíra e Ituiutaba), no ano agrícola 1981/82.

Populações	Índice AE/AP			Nº de Espigas por Planta		
	Normais	Braquí-ticas	Braq./Norm. (%)	Normais	Braquí-ticas	Braq./Norm. (%)
VD. 2	0,63ab <sup>a/</sup>	0,56a**	88,9	0,94bc	1,02a* *	108,5
VF. 1	0,59c	0,54ab**	91,5	1,07a	1,04a	97,2
VD. 4	0,64ab	0,54ab**	84,4	0,86c	0,89c	103,5
VF. 3	0,62b	0,52bc**	83,9	0,90bc	0,93bc	103,3
Maya	0,65a	0,50c**	76,9	0,96b	0,98ab	102,1
Médias	0,63	0,53**	84,1	0,95	0,97	102,1

<sup>a/</sup> Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

\*,\*\*Diferenças significativas aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, entre médias de um mesmo carácter em cada linha, pelo teste de F.

Tabela 11 - Resumo das análises da variância para o índice AE/AP e número médio de espigas por planta, do ensaio Competição de Populações de Milho Normais e Braquíticas. Resultados de quatro locais no ano agrícola 1981/82.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Índice AE/AP	Nº de espigas por planta
Local (L)	3	0,081327**	0,479758**
Porte (P)	1	0,568427**	0,035284
P x L	3	0,007072	0,044614
Resíduo a	20	0,002600	0,020593
Variedade (V)	4	0,007171**	0,230919**
V x L	12	0,001706	0,031096
Resíduo b	80	0,000965	0,021055
P x V	4	0,021589**	0,018022
P x V x L	12	0,004034**	0,020961
Resíduo c	80	0,001543	0,015241
CVa (%)		8,78	14,95
CVb (%)		5,35	15,10
CVc (%)		6,76	12,86

\*\*Significativo ao nível de 1%, pelo teste de F.

Tabela 11a - Desdobramento da análise da variância para o índice AE/AP e número médio de espigas por planta, para os efeitos de portes dentro de variedades e de variedades dentro de portes.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Índice AE/AP	Nº de espigas por planta
Porte/Variedade (P/V)	5		
P/V-VD.2	1	0,050052**	0,083333*
P/V-VF.1	1	0,039675**	0,007752
P/V-VD.4	1	0,119002**	0,007252
P/V-VF.3	1	0,121002**	0,005002
P/V-Maya	1	0,325052**	0,004033
Resíduo calculado	94,5(98,3)	0,001755	0,016312
Variedade/Porte (V/P)	8		
V/P - alto	4	0,013740**	0,144986**
V/P - baixo	4	0,015020**	0,103955**
Resíduo calculado	151,9(156,0)	0,001254	0,018148

<sup>a/</sup> Os números entre parênteses referem-se aos G.L. apenas para número de espigas por planta.

\*,\*\*Significativo aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 12 - Valores médios em número de dias para o florescimento masculino e intervalo entre o florescimento masculino ( $\delta$ ) e feminino ( $\rho$ ). Dados obtidos de populações de milho normais e braquíticas, em dois locais (Piracicaba e Matão) no ano agrícola 1981/82.

Populações	Período para o florescimento $\delta$			Intervalo entre o florescimento $\delta$ e o $\rho$ a/		
	dias		Braq./Norm. (%)	dias		Braq./Norm. (%)
	Normais	Braquíticas		Normais	Braquíticas	
VD. 2	74,4 <sup>b/</sup>	75,6ab	101,6	2,4	1,2c**	50,0
VF. 1	72,0c	74,4b**	103,3	3,0	2,6ab	86,7
VD. 4	75,9a	76,1a	100,3	2,8	2,6ab	92,9
VF. 3	73,9b	74,2b	100,4	3,6	3,6a	100,0
Maya	76,4a	74,8ab*	97,9	2,4	2,0bc	83,3
Médias	74,5	75,0	100,7	2,8	2,4	85,7

a/ Dados obtidos apenas em Piracicaba.

b/ Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

\*,\*\*Diferenças significativas aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, entre médias de um mesmo carácter em cada linha, pelo teste de F.

Tabela 13. - Resumo das análises da variância para número de dias para o florescimento masculino ( $\sigma^{\text{m}}$ ) e intervalo em dias entre o florescimento masculino ( $\sigma^{\text{m}}$ ) e feminino ( $\sigma^{\text{f}}$ ). Resultados do Ensaio Competição de Populações de Milho Normais e Braquíticos realizado em dois locais no ano agrícola 1981/82.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Nº de dias para o florescimento $\sigma^{\text{m}}$	Intervalo entre o floresc. $\sigma^{\text{m}}$ e $\sigma^{\text{f}}$
Local (L)	1	4,285185**	
Porte (P)	1(1) <sup>a/</sup>	0,022583	0,244841
P x L	1	0,003599	
Resíduo a	9(4)	0,005054	0,047492
Variedade (V)	4(4)	0,089386**	0,399681
V x L	4	0,017705*	
Resíduo b	36(16)	0,005980	0,155033
P x V	4(4)	0,037738**	0,059671
P x V x L	4	0,009889	
Resíduo c	36(16)	0,007758	0,034109
CVa (%)		0,82	12,57
CVb (%)		0,89	22,71
CVc (%)		1,02	10,65

<sup>a/</sup> Os números entre parênteses referem-se aos G.L. para o intervalo entre o florescimento  $\sigma^{\text{m}}$  e  $\sigma^{\text{f}}$ , cujos dados foram obtidos em apenas um local.

\*,\*\*Significativo aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 13a - Desdobramento da análise da variância para o número de dias para o florescimento masculino e intervalo em dias entre o florescimento masculino e feminino, para os efeitos de porte dentro de variedade e variedades dentro de porte.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Nº de dias para o floresc. $\sigma^2$	Intervalo entre o floresc. $\sigma^2$ e $\sigma^2$
Porte/Variedade (P/V)	5		
P/V-VD.2	1	0,025059	0,386420**
P/V-VF.1	1	0,104191**	0,029277
P/V-VD.4	1	0,000116	0,008392
P/V-VF.3	1	0,002363	0,000433
P/V-Maya	1	0,041804*	0,059002
Resíduo calculado	44,0(19,0) <sup>a/</sup>	0,007217	0,036785
Variedade/Porte (V/P)	8		
V/P - alto	4	0,107501**	0,090820
V/P - baixo	4	0,019623*	0,368530*
Resíduo calculado	70,8(22,7)	0,006869	0,094572

<sup>a/</sup> Os números entre parênteses referem-se aos G.L. apenas para o intervalo entre o florescimento masculino e feminino, cujos dados foram obtidos em um único local.

\*,\*\*Significativo aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 14 - Valores médios para número de ramificações do pendão e percentagem de espigas pendentes, obtidos de populações de milho normais e braquílicas em Piracicaba e Matão no ano agrícola 1981/82.

Populações	Ramificações do Pendão			Espigas pendentes <sup>a/</sup>		
	Nº		Braqu./Norm. (%)	%		Braqu./Norm. (%)
	Normais	Braquí- ticas		Normais	Braquí- ticas	
VD. 2	22,9 <sup>cb</sup> <sup>b/</sup>	20,4 <sup>c**</sup>	89,1	32,9	18,0 <sup>**</sup>	54,7
VF. 1	28,6 <sup>b</sup>	27,8 <sup>a</sup>	97,2	37,4	14,8 <sup>**</sup>	39,6
VD. 4	24,7 <sup>c</sup>	22,3 <sup>b**</sup>	90,3	30,0	12,5 <sup>**</sup>	41,7
VF. 3	32,6 <sup>a</sup>	27,7 <sup>a**</sup>	85,0	28,5	13,7 <sup>**</sup>	48,1
Maya	22,6 <sup>d</sup>	18,6 <sup>c**</sup>	82,3	31,9	15,0 <sup>**</sup>	47,0
Médias	26,2	23,4 <sup>**</sup>	89,3	32,1	14,8 <sup>**</sup>	46,1

<sup>a/</sup>Dados obtidos apenas em Piracicaba.

<sup>b/</sup>Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

<sup>\*\*</sup>Diferenças significativas ao nível de 1%, entre médias de um mesmo carácter em cada linha, pelo teste de F.

Tabela 15. - Resumo das análises da variância para número de ramificações do pendão e percentagem de espigas pendentes do ensaio de Competição de Populações de Milho Normais e Braquíticas. Resultados de dois locais no ano agrícola 1981/82.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Ramificações do pendão	Espigas pendentes
Local (L)	1	357,76533**	
Porte (P)	1(1) <sup>a/</sup>	247,68133**	39,32305
P x L	1	0,76800	
Resíduo a	10(4)	2,43822	0,91077
Variedade (V)	4(4)	416,52283**	0,65316
V x L	4	4,15117	
Resíduo b	40(16)	5,30216	0,61888
P x V	4(4)	57,22200**	0,20514
P x V x L	4	0,28393	
Resíduo c	40(16)	4,77830	0,55533
CVa (%)		6,30	20,09
CVb (%)		9,28	16,56
CVc (%)		8,81	15,68

<sup>a/</sup> Os números entre parênteses referem-se aos G.L. para espigas pendentes, cujos dados foram obtidos em apenas um local.

\*\*Significativo ao nível de 1%, pelo teste de F.

Tabela 15a - Desdobramento da análise da variância para o número de ramificações do pendão e percentagem de espigas pendentes, para os efeitos de porte dentro de variedade e variedade dentro de porte.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		Ramificações do pendão	Espigas pendentes
Porte/Variedade (P/V)	5		
P/V-VD.2	1	38,00167**	5,64105**
P/V-VF.1	1	3,52667	12,24112**
P/V-VD.4	1	35,04167**	9,00540**
P/V-VF.3	1	140,16667**	6,28199**
P/V-Maya	1	88,16667**	6,97405**
Resíduo calculado	47,7(19,0) <sup>a/</sup>	4,31103	0,60642
Variedade/Porte (V/P)	8		
V/P - alto	4	218,41433**	0,50062
V/P - baixo	4	212,41400**	0,35768
Resíduo calculado	79,8(31,9)	5,04023	0,587105

<sup>a/</sup> Os números entre parênteses referem-se aos G.L. apenas para espigas pendentes, cujo dados foram obtidos em um único local.

\*\*Significativo ao nível de 1%, pelo teste de F.