VARIABILIDADE E ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE
CARACTERES DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* CRANTZ)
COMBINANDO POLICRUZAMENTOS E
PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

JESUS ACOSTA-ESPINOZA

Orientador: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

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 Melho-
ramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1984

A minha mãe e
irmãos

OFEREÇO

À minha esposa Catalina del Carmen
e filhos,

Adreana Esmeralda,

Jesus Osmar,

Karla Tatiana,

DEDICO

À Memória de meu pai

MATEO ACOSTA PEREZ

em Homenagem.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Natal Antonio Vello, pela valiosa orientação, ensinamentos, amizade e confiança.

- Ao Conselho Nacional de Ciencia y Tecnologia e ao Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas do México, pelo apoio e oportunidade concedida para a realização do curso de Pós-Graduação, aos níveis de Mestrado e Doutorado.

- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ, da Universidade de São Paulo, através do Departamento de Genética, pelo aperfeiçoamento de minha formação científica e cultural.

- Ao Prof. Dr. Paulo Sodero Martins, pelas sugestões oportunas e apoio efetivo durante o período em que substituiu ao orientador.

- Ao Prof. Dr. Ernesto Paterniani e ao Prof. Dr. João Lúcio de Azevedo, na qualidade de Diretores do Instituto de Genética, pelas facilidades concedidas.

- À Seção de Raízes e Tubérculos do Instituto Agrônômico de Campinas, especialmente ao Dr. José Osmar Lorenzi e ao Dr. Edgar Sant'Anna Normanha, pela colaboração despreendida, fornecendo material e estímulos para a realização do presente trabalho.

- Aos colegas do curso Irajã Ferreira Antunes e Walter Soares dos Santos Filho pelos esclarecimentos presta dos durante a redação deste trabalho; a eles e, também, a Múcio Silva Reis, Vania Moda-Cirino, Abraham Oleas, Jaime de La torre, Roberto Arevalo, Juan Medina, Fernando Patiño, Grego- rio Gonzales, Juan Fernando Aguilar, pelo companheirismo em todos os momentos,

- Aos funcionários do Departamento de Genéti- ca e Instituto de Genética, especialmente à Srta. Érika Spruck, Sra. Eisa A. Azeredo Cesar, Sra. Terezinha J.L. Barrete, Sr. Mariano Aguado, Sr. José Monteiro, Sr. Sérgio Roberto Bertin e Sr. Luiz Carlos Veríssimo, por muitos trabalhos e extraordi- nária dedicação e cortezia no atendimento.

- À esposa Catalina del Carmen Toraya de Acos- ta, pela compreensão, dedicação apoio e ajuda constantes.

- Finalmente, sou grato a todas aquelas pes- soas que, embora não mencionadas, contribuíram direta ou indi- retamente para que o curso fosse realizado.

ÍNDICE

	<u>página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades sobre mandioca	4
2.2. Genética e melhoramento da mandioca	7
2.3. Técnica de policruzamentos	14
2.4. Estimacão de parâmetros genéticos e fenotípicos	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1. Localização, clima e solo	24
3.2. Descrição do material	25
3.3. Obtenção das progênies policruzadas	27
3.4. Obtenção das estacas dos 17 tratamentos	27
3.5. Instalação dos experimentos	29
3.6. Caracteres avaliados	31
3.7. Procedimentos estatístico-genéticos	34
3.7.1. Análises de variância e de covariância.	34
3.7.2. Estimativas dos componentes de variân- cia e covariância	35
3.7.3. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. Comportamento dos genótipos nos quatro experi- mentos	46
4.2. Eficiência dos policruzamentos e propagação ve- getativa	59

4.3. Variabilidade dos caracteres	65
4.4. Associações entre os caracteres	77
5. CONCLUSÕES	84
6. LITERATURA CITADA	87
TABELAS E APÊNDICES	102

CURRICULUM VITAE

JESUS ACOSTA ESPINOZA, filho de Mateo Acosta Peréz e Maria Antonia Espinoza de Acosta, nasceu em Saltillo Coahuila, México, aos 5 dias do mês de fevereiro de 1949.

Completo as disciplinas do curso de Agronomia em 1972; defendeu a tese "Estudios preliminares sobre el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en el Estado de Yucatán", para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo em 1978, pela então "Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro", atualmente "Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro" na cidade de Saltillo, Estado de Coahuila, México.

Iniciou seu trabalho profissional em 1972 como extensionista de Servicio Cooperativo de Extensión Agropecuaria, no Estado de Campeche. Em 1974 ingressou no "Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas" (INIA) como pesquisador do programa de forragem, no Estado de Yucatán. Em 1977, com o início do programa de mandioca no INIA, foi encarregado da parte de Melhoramento Genético, tendo-se transferido para o Estado de Tabasco.

Iniciou em 1979 o curso de pós-graduação em "Genética e Melhoramento de Plantas" da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), na cidade de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil. Em 1983, defendeu a dissertação "Eficiência de policrozamentos para recombinação gênica e estimação de parâmetros genéticos em mandioca (Manihot esculenta Crantz) para obtenção do título de "Mestre em Agronomia" - Área de Concentração "Genética e Melhoramento de Plantas". Continuou os estudos na ESALQ, USP, com vistas a obtenção do título de "Doutor em Agronomia - Área de concentração - Genética e Melhoramento de Plantas".

Após a conclusão de seus estudos pós-graduados na ESALQ/USP, retornará ao México para reassumir suas funções de pesquisador junto ao programa de melhoramento genético de mandioca do INIA, no "Campo Agrícola Experimental de Huimangillo" (CAEHUI), na cidade de Huimangillo, Estado de Tabasco, México.

VARIABILIDADE E ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERES DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) COMBINANDO
POLICRUZAMENTOS E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

Autor; JESUS ACOSTA ESPINOZA

Orientador; Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo a caracterização dos procedimentos envolvidos na combinação da técnica de policruzamentos com propagação vegetativa, como uma metodologia que possibilita ao mesmo tempo: estimar variabilidade e associações genéticas entre caracteres; sintetizar populações básicas com potencialidade para uso em programas de melhoramento.

O material utilizado compreendeu oito progenitores e oito progênies policruzadas. Os progenitores envolveram cultivares e linhas experimentais selecionadas com base na alta produção de raízes. As progênies policruzadas foram obtidas após dois anos agrícolas.

1º ano - Os progenitores foram recombinados em lote isolado, através da técnica de policruzamentos.

2º ano - Lote auxiliar foi instalado a partir de estacas dos progenitores e de sementes das progênes policruzadas, de acordo com delineamento em blocos ao acaso, com dez repetições e três plantas por parcela. De cada planta do lote auxiliar foram coletadas quatro estacas.

A partir de estacas foram instalados quatro experimentos com a finalidade de avaliar os progenitores e progênes policruzadas. O mesmo delineamento anterior foi empregado, de maneira que os quatro experimentos representaram quatro réplicas vegetativas do lote auxiliar.

Os quatro experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Anhembi, do Departamento de Genética da ESALQ/USP, localizada em Piracicaba. A área experimental possuía solo arenoso, e pobre em fósforo, com teores elevados de acidez e alumínio tóxico, características estas semelhantes aos solos encontrados nos cerrados brasileiros. Com dez meses pós-plantio, oito caracteres foram avaliados e submetidos às análises de variância e covariância.

A variância entre progênes policruzadas, representando progênes de meios irmãos, estima $1/4$ da variância genética aditiva. A variância fenotípica entre plantas dentro de progênes policruzadas estima: $3/4$ da variância genética aditiva + variância dominante + variância ambiental. A variância entre plantas dentro de progênes de progenitores foi utilizada como estimativa da variância ambiental. Este

sistema de três equações e três incógnitas permitiu a estimação da variância aditiva e da variância dominante para cada caráter. As covariâncias genéticas aditivas foram estimadas com base na covariação entre progênies policruzadas.

Os seguintes parâmetros foram estimados: coeficiente de determinação genotípica (entre progenitores), ao nível de plantas individuais; coeficiente de herdabilidade no sentido restrito e ao nível de plantas individuais; grau médio de dominância; coeficiente genético de variação; correlações fenotípica, genética e experimental dos caracteres combinados dois a dois; equações de regressão linear múltipla entre produção de raízes (variável dependente) e todas as possíveis combinações dos demais sete caracteres (variáveis independentes).

Os resultados discutidos permitiram obter as seguintes conclusões:

- a. Distribuição de raízes da planta mostrou variabilidade quase nula e dificilmente pode ser alterada por seleção.
- b. Índice de colheita, altura da planta, peso da parte aérea e número de raízes exibiram níveis de variabilidade suficientes para a obtenção de progressos por seleção.
- c. Altura da primeira ramificação, diâmetro da planta e produção de raízes, mostraram-se mais promissores para programas de hibridação visando-se exploração do vigor de híbrido.

- d. Distribuição, número e produção de raízes foram os caracteres com os maiores valores de correlações fenotípicas e genéticas entre si.
- e. Produção de raízes foi melhor explicada pela combinação de peso da parte aérea e índice de colheita.
- f. Peso da parte aérea e diâmetro foram os caracteres da parte aérea mais correlacionados com produção de raízes.
- g. Altura da primeira ramificação foi o único caráter que apresentou tendência de correlação negativa com produção de raízes.
- h. Magnitude da variabilidade e grau de associação com outros caracteres indicaram ser o índice de colheita de muita utilidade nos programas de melhoramento para maior produtividade de raízes.
- i. O genótipo SRT 1099-Taquari destacou-se pela elevada produção de raízes e por ter transmitido alta capacidade produtiva à sua progênie policruzada, fatos indicadores deste genótipo possuir alta frequência de alelos favoráveis à produção de raízes.
- j. A existência de genótipos com produção de raízes ao nível de 43,3 t/ha (50% superior ao melhor progenitor) indicou a potencialidade da população formada pelas progênies policruzadas, como fonte de material melhorado.

- k. O emprego combinado de policruzamentos e propagação vegetativa constituiu-se em procedimento apropriado para estimação de parâmetros que avaliam variabilidade e associações genéticas e fenotípicas entre caracteres durante a síntese de uma população melhorada de mandioca.

GENETIC VARIABILITY AND RELATIONSHIPS AMONG CHARACTERS IN
CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) BY COMBINING
POLY-CROSS TECHNIQUE AND VEGETATIVE PROPAGATION

Author: JESUS ACOSTA ESPINOZA

Adviser: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

SUMMARY

The objective of this research was to characterize the procedures involved in the combination of the polycross technique with vegetative propagation as a methodology for two concomitant purposes; 1. to estimate genetic variability and relationship among characters and, 2. to synthesize breeding populations.

Material included eight high yielding cultivars and experimental lines of cassava as parents and, their polycrossed progenies. The polycrossed progenies were developed after two years;

First year: Selected parents were recombined in isolated field by polycross technique;

Second year: Stem cuttings of the parents and seeds of the progenies were planted according to randomized

complete block design with 10 replications. There were three plants per plot. Four stem cuttings were taken from each plant of this auxiliary field.

By using stem cutting, four experiments were designed with the aim of to compare parents and polycrossed progenies. The experimental design was the same used in the auxiliary field.

The four experiments were carried out in Anhembi Experimental Station, College of Agriculture "Luiz de Queiroz", University of State of São Paulo, located in Piracicaba City, State of São Paulo, Brazil. This experimental station is located at $22^{\circ}48'$ South latitude, $48^{\circ}07'$ West longitude and, 469 meters of altitude. The sandy soil has low content in phosphorus, high level of acidity and toxic aluminum, similarly to the soils found in areas called "cerrado" in Brazil. Ten months after planting, all plants were measured for eight characters.

Among polycrossed progenies variances, representing half-sib progenies and corresponding to $1/4$ of the additive genetic variance, were estimated from analysis of variance. Phenotypic variance among plants within progenies estimated $3/4$ of the additive genetic variance plus dominant variance plus environmental variance. Variance due to environment was calculated from the variation within plots shown by each parental genotype. By solving this system, were estimated dominant and additive genetic variances. Additive

genetic covariances between characters were estimated from among progenies covariation in the analyses of covariance.

The following parameters were estimated: coefficient of genotypic determination (among parents), in individual plant basis; narrow sense heritability coefficient, in individual plant basis; mean degree of dominance; coefficient of genetic variation; phenotypic, genetic and experimental correlations between characters; multiple linear regression equations for root yield as the dependent variable and, all possible combinations of the other seven characters, as independent variables,

The discussed results allowed the following conclusions:

- a. Root arrangement (around the stem), having a very small variability, showed just a little chance to be improved by breeding.
- b. Harvest index (proportion of root weight to total plant weight), plant height, weight of the aerial part and, number of roots had genetic variability in enough amount to respond to selection.
- c. Height of the first branch, plant diameter and, root yield would be easier improved in breeding programs aiming to explore hybrid vigor.

- d. Root arrangement, number of roots and root yield showed the highest values of phenotypic and genetic correlations.
- e. Best prediction of root yield was done by combining weight of the aerial part and harvest index.
- f. Weight of the aerial part and plant diameter were characters of the aerial part more correlated with root yield.
- g. Height of the first branch was the unique character having tendency of negative correlation with root yield.
- h. Harvest index was highly heritable, and it was an excellent auxiliary character to high yielding selection.
- i. The 'SRT-1099-Taquari' genotype distinguished itself by the root yield of the parent and by transferring the yield ability to its corresponding polycrossed progeny.
- j. The existence of plants yielding 43.3 t/ha, overcoming in 50% the best parent, indicated the potential of the polycrossed progenies, as a breeding population.
- k. Combined use of the polycross technique and vegetative propagation was an appropriate procedure for estimating parameters related to the genetic variability and relationship among characters during the synthesis of a breeding population of cassava.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie tropical com provável origem brasileira. Suas raízes representam fonte importante de carboidratos, pois constituem-se em alimento básico para 350 milhões de pessoas, além de ser amplamente utilizada na alimentação animal e como material de industrialização. Ela inclui-se entre as espécies vegetais que poderão, no futuro, atender parte da crescente demanda mundial de energia, pois seu cultivo se estende por todas as regiões tropicais localizadas entre as latitudes 30° N e 30° S, abrangendo todo o território brasileiro.

O Brasil é o maior produtor mundial com 25 milhões de toneladas de raízes, representando cerca de 20% da produção mundial (FAO, 1982). A produtividade média brasileira é 12 t/ha, superando a produtividade média mundial em 30%. Estes dois níveis de produtividade não são satisfatórios quan

do comparados com o potencial produtivo da mandioca, estimado por COCK (1978) em 90 t/ha/ano.

Do ponto de vista experimental, a mandioca possui um conjunto de atributos muito favoráveis, pois é uma espécie monóica, altamente prolífica, com flores relativamente grandes e alta viabilidade de sementes, fatos que facilitam os trabalhos de autofecundações e cruzamentos. Apresenta também macho-esterilidade e propagação vegetativa. Este conjunto de atributos facilita a manipulação das plantas através de polinização natural ou controlada, oferecendo oportunidades excelentes para estudos de genética e melhoramento.

A propagação vegetativa, prática normal de multiplicação comercial, torna viável a seleção e utilização de genótipos com caracteres agronômicos superiores em uma única geração, sendo esta uma vantagem significativa em relação às espécies que se propagam apenas sexualmente.

Apesar do interesse internacional por mandioca ser relativamente recente, uma série de programas de melhoramento já foram iniciados pelas instituições: Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), Nigéria, África; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia; Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), no México; Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Brasil.

O caráter de maior importância econômica em mandioca é a produção de raízes, cuja avaliação envolve arranquio, separação entre as partes aérea e subterrânea e pesagem. O conhecimento do grau de variabilidade e das associações entre os caracteres indicaria se a produção de raízes pode ser estimada com base no comportamento de outros caracteres altamente herdáveis e correlacionados com produção, principalmente aqueles caracteres componentes da parte aérea cujas avaliações fossem menos trabalhosas e pudessem ser obtidas em fases iniciais do desenvolvimento da planta.

Também, seria altamente interessante a elaboração de metodologias apropriadas para uso no desenvolvimento normal de um programa de melhoramento e que, paralelamente, fornecesse informações sobre variabilidade e associações entre os caracteres. Metodologias dessa natureza possibilitariam o desenvolvimento de programas eficientes de melhoramento, com economia de tempo, esforços e recursos.

Esta pesquisa foi efetuada com o objetivo de caracterizar os procedimentos envolvidos na combinação da técnica de policruzamentos com propagação vegetativa, como uma metodologia para:

- a, estimação de variabilidade e associações genéticas entre caracteres;
- b, síntese de populações básicas com potencialidade para uso em programas de melhoramento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Generalidades sobre mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família *Euphorbiaceae*. É considerada uma espécie alotetraplóide, possuindo 36 cromossomos ($x = 9$), que formam 18 bivalentes na meiose (UMANAH e HARTMANN, 1973). Existem diversas opiniões sobre a origem desta espécie, sendo que a maioria dos botânicos e ecológicos considera a mandioca como uma espécie originária da América e do Nordeste do Brasil como o mais provável centro de origem (DOMÍNGUEZ *et alii*, 1982). A maior diversidade do gênero *Manihot* se encontra no Brasil, México e Guatemala; GULICK *et alii* (1983) apresentam áreas de baixa, média e alta diversidade da espécie. Foram os colonizadores portugueses que iniciaram a dispersão da mandioca para outros continentes.

A mandioca é uma das espécies que converte a

maior quantidade de energia solar em hidratos de carbono por unidade de área; seu potencial produtivo pode alcançar 90 t/ha/ano. A mandioca pode ser completamente aproveitável, constituindo-se em matéria prima de grande importância, tendo-se em vista a grande quantidade de produtos e subprodutos passíveis de serem obtidos desta espécie (CONCEIÇÃO, 1979). A ampla utilização da mandioca como alimento humano, forragem para a alimentação animal e como material de industrialização é discutida por ACOSTA-ESPINOZA *et alii* (1982).

As raízes de mandioca contêm 30 a 40% de matéria seca, a qual consiste, principalmente, de carboidratos; quantidades relativamente pequenas de proteínas (0,5 a 1,5%) e quantidades ainda menores de gorduras, vitaminas e sais minerais (CIAT, 1974). Resultados obtidos a partir da farinha de raízes indicam teores de 3,1 e 80% para proteínas e carboidratos, respectivamente; na folhagem seca estes teores foram de 21 e 27 a 35%, para proteínas e carboidratos, respectivamente (GOMES *et alii*, 1982).

Muito embora a mandioca seja cultivada em mais de 80 países, dois terços da produção mundial provêm de cinco países, destacando-se o Brasil como o maior produtor com 20% da produção mundial. Encontra-se difundida por todas as regiões brasileiras, cada uma contribuindo, porém, com proporções variáveis em relação ao total produzido, de acordo com a importância sócio-econômica que apresenta o nível regional. Segundo NESTEL (1978), poucos são os países que cultivam - na

para fins de exportação. As exportações da Indonésia e da Tailândia atendem 80 a 90% da demanda do mercado internacional. Menor escala de exportação é mantida pelo Brasil, China, Tanzânia e Angola. A comunidade Econômica Européia absorve 80 a 90% do comércio mundial da mandioca, para matéria prima na fabricação de ração animal, e os EUA e Canadá utilizam-na como fonte de amido industrial.

A mandioca é cultivada entre os 30° de latitude norte e 30° de latitude sul, suportando altitudes desde o nível do mar até 2.300 metros. Geralmente é plantada em zonas tropicais de solos pobres, onde a precipitação é maior que 750 mm por ano. O ciclo de crescimento (plantio-colheita) depende das condições ambientais, variando de nove a doze meses em regiões quentes e alcançando até dois anos em regiões mais frias ou mais secas (COCK, 1982).

Existem muitos problemas agronômicos no cultivo da mandioca, entre eles podemos mencionar os seguintes: dificuldade de se fazer colheita mecânica; rápida deterioração das raízes pós-colheita; ataque de muitas doenças. LOZANO e BOOT (1982) citam duas doenças principais: bacteriose (*Xantomonas manihoti*) e mosaico africano; BELLOTI *et alii* (1982) identificam 200 espécies de artrópodos que afetam a mandioca, citando 15 pragas principais; a ocorrência de ervas daninhas também se constitui num problema durante os três ou quatro meses de idade, havendo, entretanto, práticas culturais que podem minimizar este problema, a exemplos dos culti-

vos consorciados.

2.2. Genética e melhoramento da mandioca

Os estudos genéticos e citogenéticos em mandioca têm sido até o momento escassos, devido em parte a fatores como:

- número limitado de geneticistas que se dedicam integralmente à espécie;
- grande número (36) e tamanho reduzido de cromosomos;
- possível natureza poliplóide da mandioca, dificultando as interpretações;
- ciclo de vida relativamente longo (de 9 a 24 meses), comparado com o de outras culturas;
- alta heterozigosidade, dificultando, principalmente, a obtenção de indivíduos homozigotos para os estudos de herança;
- as distintas cultivares variam muito quanto ao número de frutos e época de floração;
- dificuldade de se utilizar um esquema de cruzamentos que se ajuste a qualquer dos métodos sistemáticos comumente utilizados.

Assim mesmo têm sido identificados genes marcadores para três caracteres: forma do lóbulo foliar, cor das

raízes e cor das nervuras foliares. GRANER (1942) e JOS e HRISHI (1976) estudando a herança da forma do lóbulo foliar, estreito e largo, demonstraram que a segregação apresentada está governada por um só gene. Ainda que a idade e ambiente afetem a largura do lóbulo, as cultivares podem ser distribuídas em qualquer destas duas classes. Concluíram que o alelo condicionando lóbulos estreitos é dominante sobre o que determina a presença de lóbulos largos. GRANER (1942) estudando a cor das raízes, concluiu que o alelo que condiciona a película marrom é dominante sobre o que determina a presença de película branca. Um terceiro caráter, correspondente à coloração roxa ou verde das nervuras foliares, tem sido utilizado como marcador genético; o número de genes que controla esse caráter, porém, ainda não foi estabelecido (KAWANO *et alii*, 1978).

Estudos preliminares, de vários caracteres agronômicos e resistência a insetos, têm indicado que estes estão controlados por muitos genes (HERSHEY e AMAYA, 1982). O conteúdo de HCN nas raízes parece ser regulado por um gene recessivo (HAHN e TERRY, 1973). HAHN *et alii* (1980) assumem que a resistência às doenças bacteriose e mosaico africano são de natureza poligênica. De acordo com KAWANO (1982), características tais como índice de colheita, matéria seca da raiz e deterioração das raízes após a colheita, têm mostrado alto coeficiente de regressão entre progenitores e progênes. Menciona-se, também, que a resistência às doenças bacteriose e cercospora são de incorporação relativamente fácil, quando genótipos resistentes estão incluídos nas híbri

dações. Estes dados sugerem, portanto, que em mandioca muitos caracteres importantes são altamente herdáveis, além disso, os efeitos genéticos aditivos são muito significativos (KAWANO, 1982).

ALLARD (1971) menciona que a experiência dos melhoristas indica que as variedades agrícolas reproduzidas assexuadamente são altamente heterozigotas e segregam amplamente quando se reproduzem por via sexual. Isto pode ser comprovado em mandioca, pela ampla variação em sua descendência quando se reproduz sexualmente. Os resultados apresentados por ACOSTA-ESPINOZA *et alii* (1982) suportam a hipótese da mandioca ter elevada porcentagem de locos em heterozigose. KAWANO *et alii* (1978), autofecundando 12 genótipos, observaram uma perda de vigor de 54% em produção de raízes, fato que evidencia ser a mandioca altamente heterozigota; GULICK *et alii* (1983) relatam a existência de aproximadamente 12.000 cultivares de mandioca, em 14 países e 24 centros experimentais.

O conhecimento do modo de reprodução é indispensável para um programa de melhoramento genético. Dentro desse contexto, destacam-se os princípios básicos da biologia da reprodução, hábito de florescimento e polinização (GRANER, 1942a; TOLEDO, 1963; ALBUQUERQUE, 1969; VIEGAS, 1976; CONCEIÇÃO, 1979; KAWANO, 1980). A mandioca particularmente é uma espécie monóica que possui flores estaminada e pistilada na mesma inflorescência; a floração sempre acompanha a ramifica-

ção do caule, de tal forma que as cultivares que não ramificam não florescem. Geralmente a maioria das cultivares florescem. As flores masculinas, são menores e ocorrem em maior número do que as femininas. Numa mesma inflorescência as flores masculinas situam-se na parte superior e as femininas na parte inferior. O hábito de floração é a protoginia, sendo que as flores femininas abrem aproximadamente dez dias antes das masculinas; geralmente são encontradas muitas flores masculinas e poucas flores femininas na mesma inflorescência, embora as flores masculinas e femininas de diferentes ramificações abram simultaneamente. Tanto a protoginia como a discrepância na quantidade de flores favorecem a alogamia. A época do florescimento varia com os clones e condições ambientais. NORMANHA (1971), utilizando os genótipos. Branca de Santa Catarina e IAC-7-127-Iracema, com altura de ramificação de 20 e 90 cm, respectivamente, verificou que o florescimento ocorreu aos 66 e 180 dias, respectivamente. Santos Filho *et alii* (1976), citados por RAMALHO e PEREIRA (1979), apresentam dados onde o florescimento ocorreu com 66 até 180 dias. Todos os genótipos podem florescer sob condições naturais, desde que as condições sejam favoráveis. Segundo JENNINGS (1970), as plantas florescem preferencialmente em dias curtos do ano. De acordo com CHANDRARATNA e NANAYKKARA (1948), o estigma permanece receptível menos de vinte e quatro horas e o pólen seco permanece viável por cerca de seis dias. NORMANHA (1971) menciona que cada flor masculina produz pólen suficiente para polinizar quatro flores femininas. Este autor discute o tempo envolvido na formação de sementes,

ou seja, o período que abrange desde a polinização até a abertura ou deiscência dos frutos. Esse intervalo de tempo, em média, é de cerca de 80 dias, com um mínimo de 63 e um máximo de 92 dias.

A polinização cruzada na mandioca é entomófila, dando-se através de abelhas e vespas, muito embora o vento também seja um agente atuante (ALBUQUERQUE, 1969 e CONCEIÇÃO, 1979).

A polinização cruzada depende de vários fatores: época do florescimento, posição física dos genótipos, presença de insetos polinizadores, entre outros. KAWANO *et alii* (1978) mencionam que não existem barreiras genéticas, nem fisiológicas, para autofecundação em mandioca. Usando a cor das nervuras das folhas como marcador genético, os referidos autores não conseguiram determinar a taxa de cruzamentos, salientando que obtiveram muitas plantas provenientes de autofecundação. CIAT (1974), encontrou valores baixos, de 5 a 8%, de polinização cruzada, utilizando a cor das nervuras das folhas como marcador genético em vários sistemas de plantio. As pequenas porcentagens de cruzamento foram justificadas pela não coincidência de florescimento entre as fileiras masculinas e as femininas. A repetição da pesquisa, utilizando, agora, genótipos com diferentes épocas de florescimento, de maneira a tornar a ocorrência do florescimento quase contínua, levou à obtenção de 31 a 41% de polinização cruzada. ALBUQUERQUE (1969) observou que, devido à ocorrência de protogenia,

grande parte das sementes obtidas por polinização natural eram resultantes de cruzamentos, devendo a mandioca ser incluída, portanto, no grupo de plantas alógamas. PEREIRA *et alii* (1978), utilizando como marcadores genéticos a forma do lóbulo floral e a cor da película da raiz, encontraram uma taxa de fecundação cruzada de 63 a 100%, respectivamente. ACOSTA-ESPINOZA (1983), utilizando a técnica de policruzamentos, concluiu favoravelmente para a predominância de polinização cruzada.

ACOSTA-ESPINOZA (1983) salientou que a condição de espécie monóica, altamente prolífica, com flores de tamanho adequado para fácil manipulação, tanto em autofecundações como em cruzamentos, e a possibilidade de se empregar propagação vegetativa e macho-esterilidade, tornam viável a aplicação de praticamente todos os métodos de melhoramento, existentes, em programas voltados para a referida cultura.

São escassos os trabalhos de melhoramento encontrados na literatura, relativos à mandioca. De acordo com NORMANHA (1971), os primeiros trabalhos de melhoramento dirigidos para essa espécie, tiveram início no Brasil em 1940, com a obtenção de sementes de polinização aberta, provenientes de genótipos portadores de caracteres agronômicos superiores, assim como transplante de plântulas germinadas espontaneamente. Nesta época, também foi desenvolvido programa visando a obtenção de poliplóides (GRANER, 1942b) e, em continuação, iniciaram-se cruzamentos com o objetivo de se obter genótipos superiores.

Paralelamente, tiveram início os trabalhos nos continentes africano e asiático, com coletas de germoplasma, seleção e obtenção de híbridos intra e interespecíficos.

NORMANHA (1971) e PEREIRA e LORENZI (1975), mencionam que em 1948 foram iniciados, no IAC, trabalhos de cruzamentos controlados, obtendo-se por seleção quatro clones para mesa e forragem, sete para fins industriais e um grupo de cultivares. Dentre 2.000 genótipos existentes no banco de germoplasma do CIAT, foram selecionadas 230 superiores em índice de colheita e outros caracteres; doze desses genótipos produziram mais de 50 t/ha, sobrepujando significativamente a variedade local com produção de 27 t/ha (CIAT, 1975). Através de seleção massal estratificada na variedade Llaneira, TINEO (1977) obteve ganhos na seleção de 20% para produção total de raízes e 25% para produção de raízes comerciais, correspondentes às produções de 35 e 32 t/ha, respectivamente. ACOSTA (1978) avaliou seis variedades de baixo conteúdo de HCN, selecionadas pelo Centro de Investigaciones Agrícolas do Golfo Centro, no México, obtendo produção de 30 t/ha nas variedades Criolla e Cubana. Em 1975, 90 cultivares e 30 híbridos provenientes do CIAT foram introduzidas no México (ACOSTA, 1979). Após dois anos de ensaios de produção, as cultivares M Pan 51 e Mmex 59 superaram a variedade local Criolla em 64 e 62%, respectivamente, sendo liberadas por HOLGUIN *et alii* (1981). KAWANO (1982) menciona que o programa de fitomelhoramento do CIAT, na Colômbia, após quatro anos de

trabalho, obteve híbridos que rendem mais de 50 t/ha/ano, superando as variedades locais em 100%. Este progresso foi obtido com uso da seguinte metodologia: seleção de clones com base no índice de colheita e outros caracteres superiores, cruzamentos controlados, avaliação e seleção dos cruzamentos.

O objetivo do programa de melhoramento genético da mandioca consiste em se obter novos genótipos com rendimento máximo de calorias por unidade de área e de tempo, sob diversas condições ambientais. ACOSTA (1978a) menciona os objetivos do programa de melhoramento do INIA, no México; GULLICK *et alii* (1983) apresentam os objetivos do programa de melhoramento da EMBRAPA, do CIAT, do IITA e do sudeste da Ásia. Entre eles estão a alta produção de matéria seca, resistência às principais pragas e doenças economicamente importantes e adaptação ampla. É importante ressaltar a importância de novos genótipos, obtidos através de sucessivas avaliações, seleção, hibridações controladas e polinização aberta. Nos poucos trabalhos realizados, os métodos de melhoramento mais comuns envolvem seleção, cruzamentos controlados e, em menor escala, cruzamentos naturais,

2.3. Técnica de policruzamentos

A técnica de "polycross" foi primeiramente descrita por H.N. Frandsen, em 1940 (WILLENSIEK, 1952), tendo sido denominada policruzamentos por VELLO (1977). Esta téc-

nica tem sido estudada e empregada principalmente em gramíneas forrageiras perenes e alógammas (WHITE *et alii*, 1968; KNOWLES, 1969; CARLSON, 1971) e, em menor escala, em alfafa (TYSDAL e CRANDALL, 1948), beterraba açucareira, centeio, repólho (HEEMSTRA, 1955), milho (GUTIERREZ e SPRAGUE, 1959), brássicas em geral (NIEUWHOF, 1963, 1969; GOWERS, 1974), couve-brócolos (ANSTEY, 1954; VELLO, 1977 e AJUDARTE NETO, 1979) mandioca (ACOSTA-ESPINOZA *et alii*, 1982).

A técnica de policruzamentos tem sido utilizada com a finalidade principal de promover a recombinação genética entre genótipos selecionados. Os genótipos são repetidos e arranjados sistematicamente em lote isolado, possibilitando a cada genótipo igual probabilidade de ser polinizado por qualquer outro genótipo da população. Existem pelo menos seis fatores importantes que influenciam a polinização e, conseqüentemente, a eficiência dos policruzamentos: a, espaçamento e disposição das plantas no lote isolado (NIEUWHOF, 1963; CARLSON, 1971); b. grau de incompatibilidade entre genótipos idênticos (NIEUWHOF, 1963, 1968, 1969); c. tempo de florescimento (FREEMAN, 1967); d. quantidade e qualidade do pólen (FREEMAN, 1967); e. atividade de vetores entomófilos (NIEUWHOF, 1963; FREE, 1970) e f. direção predominante dos ventos (NIEUWHOF, 1963; FREEMAN, 1967; CARLSON, 1971). Quando os genótipos selecionados apresentam diferença significativa em altura, torna-se recomendável a utilização de plantios intercalados, no sentido de se melhorar a distribuição dos genótipos no lote isolado. Este cuidado deve levar a maior aproveita-

mento das flores femininas, resultando em maior quantidade de sementes policruzadas.

Modelos para disposição em lotes de policruzamentos, envolvendo até 50 genótipos e utilizando o princípio dos números primos, foram desenvolvidos por WRIGHT (1965). Com base no mesmo princípio OLESEN e OLESEN (1973) definiram fórmula de grande utilidade para orientação e disposição das plantas que devem participar dos policruzamentos. Trata-se de um arranjo matricial correspondente a um modelo parcialmente balanceado, pois é balanceado somente nas direções principais (norte, sul, leste e oeste). Um modelo totalmente balanceado para os oito vizinhos mais próximos, ou seja, para as direções principais e intermediárias (nordeste, noroeste, sudeste e sudoeste) foi delineado por OLESEN (1976). Estes modelos foram discutidos por VELLO (1977). Um método de melhoramento que pratica seleção somente dentro de progênies e recombinação por policruzamentos foi delineado por VELLO (1977) para couve-brócolos ramosa. A generalização do método para espécies alógamas e dedução das expressões para estimação de progresso esperado na seleção foram feitas por VELLO e VENCOVSKY (1982).

2.4. Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos

Coeficientes de herdabilidade, de determinação genotípica e correlações genéticas e fenotípicas, constituem

parâmetros genético - estatísticos que caracterizam a variação genética e as associações entre caracteres com herança poligênica.

O parâmetro principal para estudo de um caráter quantitativo é o coeficiente de herdabilidade. HANSON (1963) define o coeficiente de herdabilidade no sentido restrito como o quociente entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica de um caráter. A importância do coeficiente de herdabilidade para o melhoramento reside no fato de ele expressar a validade do valor fenotípico como representante do valor genotípico de uma população (FALCONER, 1981). O conhecimento do coeficiente de herdabilidade possibilita ao melhorista predizer a eficiência de diferentes métodos de seleção e escolher o método mais apropriado para cada situação. FALCONER (1981) menciona que é importante compreender que a herdabilidade é uma propriedade não somente de um caráter, mas também da população e das circunstâncias de ambiente às quais os indivíduos estão sujeitos.

Em mandioca, ACOSTA-ESPINOZA (1983) estimou herdabilidade para vários caracteres agronômicos, baseando-se no comportamento de progênies policruzadas. Valores muito baixos de herdabilidade foram estimados para produção de raízes, número de raízes e diâmetro da planta; valor intermediário para altura da planta e valor alto para índice de colheita.

Alguns autores tem estimado coeficientes de herdabilidade com base no comportamento "per se" de cultivares geneticamente diferentes. Utilizando este procedimento, valores de herdabilidade classificados como intermediário a alto tem sido estimados para produção de raízes de mandioca (BIRADAR *et alii*, 1978 ; RAMALHO e PEREIRA, 1979)

Considerando que um conjunto de cultivares geneticamente diferentes não representa uma população genética, uma série de autores tem substituído o termo coeficiente de herdabilidade por coeficiente de determinação genotípica (FONSECA, 1978; SERA, 1980; MARTINS e VELLO, 1981). O termo "degree of genetic determination" foi utilizado por FALCONER (1981) para definir o coeficiente de herdabilidade no sentido amplo. Os parâmetros coeficiente de determinação genotípica e coeficiente de herdabilidade no sentido amplo tem em comum, o fato dos dois termos medirem a proporção da variância fenotípica total que é de natureza genotípica. O fato contrastante entre os dois termos é representado pela natureza dos efeitos genéticos: o coeficiente de determinação genotípica está relacionado com efeito genético fixo, enquanto que o coeficiente de herdabilidade no sentido amplo envolve efeito genético aleatório.

BARRIGA (1980) estudando a caracterização de doze genótipos de mandioca, com relação à produção de raízes e estabilidade, obteve coeficientes de determinação genotípica mais elevados nos experimentos que tiveram menor coeficien

te de variação experimental, tanto para produção de raízes ($b = 0,52$ a $0,91$) como para produção da folhagem ($b = 0,61$ a $0,94$). ACOSTA-ESPINOZA (1983), estudando nove genótipos de mandioca, apresenta valores altos de coeficientes de determinação genotípica para o índice de colheita e altura da planta e valores baixos para produção de raízes, número de raízes e diâmetro da planta. DANTAS (1984), no entanto, estudando 146 genótipos de mandioca, observou coeficientes de determinação genotípica altos para os caracteres produção de raízes, produção de hastes e cepas, produção de ramas, produção total, índice de colheita e teor de amido.

Outro parâmetro importante ao melhoramento compreende as correlações entre caracteres. O conhecimento das correlações entre caracteres permite prever as alterações a serem sofridas pelos caracteres em consequência da seleção praticada sobre um caráter em particular. As correlações entre caracteres tem utilidade muito maior nas espécies perenes e nas espécies com ciclo vital prolongado, tais como mandioca, batata, cana-de-açúcar, para as quais as previsões de resposta à seleção são mais importantes. Tal fato pode explicar o grande número de estudos envolvendo estimativa de correlação em batatinha (MARIS, 1969; DAYAL *et alii*, 1972; MAITY e CHATTERJEE, 1977; GAUR *et alii*, 1978; PINTO *et alii*, 1982) e em cana-de-açúcar (CESNIK, 1972; ZACARIAS, 1977; MILLER e JAMES, 1974). De acordo com FALCONER (1981), a correlação entre dois caracteres é definida pelo quociente entre a covariância e a média geométrica das variâncias dos dois caracte-

res. Considerando que os mesmos componentes da variância estão presentes na covariância, ROBINSON *et alii* (1951) explicam que apenas a correlação genética aditiva expressa uma inter-relação ou associação ou covariação herdável. Existem duas causas genéticas para as correlações entre caracteres: pleiotropia, causa permanente de associação entre caracteres; ligação gênica, causa transitória de correlação, especialmente em indivíduos resultantes de cruzamentos de material divergente.

Em mandioca, as primeiras estimativas de correlação fenotípica foram obtidas por MENDES (1940) e GRANER (1946), mostrando que a produção de raízes está correlacionada positivamente com produção de folhagem (ramas e caules).

ESTEVÃO *et alii* (1972) verificaram que peso da parte aérea, incluindo ramas e caules, foi o único caráter que correlacionou-se positiva e significativamente com produção de raízes, para um conjunto de dez genótipos de mandioca. Resultados concordantes com o anterior foram encontrados por ALMEIDA *et alii* (1976); SILVA (1977), RAMALHO e PEREIRA (1979). Quando se considerou somente o peso de ramas, este caráter não mostrou correlação fenotípica com produção de raízes (SILVA *et alii*, 1983; FUKUDA *et alii*, 1983; DANTAS, 1984). Foram observadas correlações baixas e negativas para altura da primeira ramificação e produção de raízes e valores intermediários a altos e positivos para correlações entre diâmetro da planta e produção de raízes por SILVA (1977). Valores intermediários e altos foram determinados para as correlações entre índice

de colheita e produção de raízes por SILVA *et alii* (1983), FUKUDA *et alii* (1983), DANTAS (1984). No que se refere à altura da planta e produção de raízes, ESTEVÃO *et alii* (1972), RIVERO (1977) e SILVA (1977) apresentam correlações intermediárias a altas e positivas; resultados contrários são apresentados por SILVA *et alii* (1983). Os últimos autores também estimaram valores intermediários e positivos para correlações entre número de raízes comerciais e produção de raízes em mandioca. NORMANHA e PEREIRA (1964) mencionam que dentro de um mesmo genótipo existe, em geral, correlação fenotípica positiva entre produção e sete caracteres da parte aérea (altura da planta, diâmetro da rama, altura da primeira ramificação, número de folhas, tamanho das folhas, comprimento dos pecíolos e intensidade de coloração verde da folhagem). Esta tendência precisa ser considerada com cuidado ao nível de genótipos diferentes, pois vários autores (ESTEVÃO *et alii*, 1972; CIAT, 1975; PAULA, 1976; MATOS *et alii*, 1980), tem observado que os genótipos com maior produção de raízes produzem menor quantidade de ramas.

A mandioca é uma espécie que é propagada vegetativamente para atender aos plantios comerciais. Nos trabalhos de melhoramento, há necessidade de se utilizar a reprodução sexuada. Assim sendo, torna-se recomendável avaliar as correlações entre os comportamentos dos materiais propagados vegetativa e sexualmente. Em 261 híbridos selecionados, FUKUDA (1979) estimou valores de correlação fenotípica apenas

intermediários entre os dois processos reprodutivos, tanto para produção de raízes como para índice de colheita.

KAWANO (1982) observou correlações altas e positivas entre parentais e descendentes, para os caracteres : índice de colheita, conteúdo de matéria seca nas raízes e grau de deterioração das raízes pós-colheita. Este autor, também mencionou que o índice de colheita é mais importante que a produção de raízes, tanto nos experimentos com parcelas representadas por fileiras de cinco plantas (1,4 m entre fileiras e 1,0 m entre plantas dentro de fileiras), como também nos experimentos com parcelas representadas por retângulos com 30 plantas (5 plantas no comprimento e 6 plantas na largura, espaçadas de 1,0 m). Foram estimadas correlações entre resultados obtidos em experimentos com parcelas em fileiras e em retângulos, cujos valores foram: $r = 0,07$ para peso fresco de raízes e $r = 0,61$ para índice de colheita.

Para uma espécie como a mandioca, em que o produto comercial são as raízes, portanto, a parte subterrânea da planta, existe muita dificuldade em se avaliar o potencial produtivo e o grau de desenvolvimento do sistema radicular, nas diferentes fases do ciclo vital da planta. Assim, existe grande interesse em se conhecer as associações entre produção de raízes e outros caracteres, principalmente os caracteres da parte aérea que podem ser avaliados com certa facilidade logo nas fases iniciais de crescimento vegetativo. O coeficiente de regressão múltipla é um dos parâmetros que pode auxi-

liar o reconhecimento da melhor combinação de caracteres que deve ser considerada na seleção, no sentido de maximizar a produção de raízes. Em mandioca, dentre cinco caracteres pesquisados, o peso da parte aérea foi a única variável do modelo que influenciou significativamente a produção de raízes (ESTEVAO *et alii*, 1972). Todavia, SILVA (1977) observou que altura e diâmetro da planta, foram os dois caracteres que mais influenciaram a produção de raízes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização, clima e solo

Os experimentos deste trabalho foram conduzidos na Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, Estado de São Paulo, pertencente ao Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), da Universidade de São Paulo, durante o ano agrícola 1981/82. A referida estação experimental localiza-se a $22^{\circ}48'00''$ de latitude sul, $48^{\circ}07'00''$ de longitude oeste, e a uma altitude de aproximadamente 469 metros (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1957).

O clima da região, de modo geral, se caracteriza pela existência de uma estação quente e úmida (outubro a abril) e outra fria e seca (maio a setembro). As médias mensais de temperatura e os totais de precipitação mensal da Estação Experimental durante o tempo em que foram conduzidos os

experimentos (setembro de 1981 a julho de 1982), são apresentadas no Apêndice 1.

O solo em que o experimento foi conduzido caracteriza-se por apresentar textura arenosa, com pH baixo e alta concentração de elementos tóxicos, especialmente alumínio, semelhantemente aos solos encontrados nos cerrados. A análise química encontra-se no Apêndice 2.

3.2. Material utilizado

Para a realização deste trabalho foram utilizados 17 tratamentos envolvendo: nove genótipos selecionados pela alta produção de raízes, pelo Programa de Melhoramento da Seção de Raízes e Tubérculos do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) aqui designados de progenitores; e, oito progênes policruzadas, obtidas a partir dos progenitores. A progênie policruzada proveniente do genótipo IAC 105-66 Caapora não foi incluída porque não produziu flores femininas e em consequência, não houve produção de sementes. Portanto, o progenitor IAC 105-66 Caapora contribuiu somente com pólen durante a recombinação no lote de policruzamentos.

A relação dos tratamentos, designação, classificação relativa ao conteúdo de ácido cianídrico (HCN) na polpa crua e procedência, é apresentada a seguir.

Nº do trata- mento	Designação ^{1/}	Classi- ficação (HN) ^{2/}	Procedência
Progenitores			
1	SRT 1-Vassourinha	Mansa	São Paulo
2	SRT 59-Branca de Santa Catarina	Brava	Sta.Catarina
3	IAC 12-829 ^{3/}	Interme- diária	Campinas
4	IAC 105-66 Caapora ^{4/}	Brava	Campinas
5	IAC 14-18 ^{5/}	Mansa	Campinas
6	SRT 1099-Taquari	Interme- diária	R.G.do Sul
7	SRT 1139-Aipim Bravo	Brava	Bahia
8	SRT 1105-Mico	Brava	Sta.Catarina
9	SRT 1198-Engana Ladrão	Brava	Brasília
Progênes Policruzadas			
10	SRT 1- Vassourinha - PP		
11	SRT 59-Branca de Santa Catarina - PP		
12	IAC 12-829 - PP		
13	IAC 14-18 - PP		
14	SRT 1099 - Taquari - PP		
15	SRT 1139-Aipim Bravo - PP		
16	SRT 1105-Mico - PP		
17	SRT 1198-Engana Ladrão - PP		

^{1/}: SRT significa material introduzido pela Seção de Raízes e Tubérculos do IAC; IAC representa material obtido pelo programa de Melhoramento do IAC; PP simboliza progênie policruzada, cujas sementes foram colhidas no progenitor feminino mencionado.

^{2/}: Mansa = menos que 100 ppm de HCN na polpa crua;
Intermediária = entre 100 e 200 ppm de HCN na polpa crua;
Brava = mais que 200 ppm de HCN na polpa crua.

^{3/}: IAC 12-829: obtido utilizando-se o genótipo Branca de Santa Catarina (SRT 59) como progenitor feminino;

^{4/}: IAC 105-66 Caapora: obtido utilizando-se o genótipo Branca de Santa Catarina (SRT 59) como progenitor feminino;

^{5/}: IAC 14-18: obtido utilizando-se o genótipo Guaxupé (SRT 454) como progenitor feminino.

3.3. Obtenção das progênies policruzadas

Em setembro de 1979, na Estação Experimental de Tietê, o IAC instalou um lote de policruzamentos, com estacas dos nove genótipos parentais, ou progenitores. O lote de policruzamentos cobriu uma área de 2916 m², com 1296 plantas espaçadas 1,5 m entre si, distribuídas em 16 repetições de nove parcelas contendo nove plantas. Em cada parcela, existia uma planta central, representada por um dos progenitores, circundada pelos outros oito progenitores. Através de polinização entomófila, promoveu-se a recombinação de cerca de 1300 plantas. As sementes foram colhidas somente na planta central de cada parcela. As progênies policruzadas foram obtidas através de mistura de sementes produzidas pelas plantas centrais das parcelas, tendo em comum o progenitor feminino ; tomou-se igual quantidade de sementes de cada uma das 16 repetições. Maiores detalhes sobre o lote de policruzamentos podem ser obtidos em ACOSTA-ESPINOZA (1983).

3.4. Obtenção das estacas dos 17 tratamentos

Em dezembro de 1980 realizou-se o plantio dos 17 tratamentos na Estação Experimental de Anhembi.

As sementes das progênies policruzadas foram postas a germinar em sacos de polietileno de 18 cm de comprimento por 8 cm de largura, contendo uma mistura de terra, a-

reia e esterco de curral em quantidades iguais e esterilizada com brometo de metila. A semeadura foi realizada em 17 de outubro de 1980. Para minimizar problemas de adaptação, as plantas colocadas nos sacos plásticos permaneceram em contato direto com o meio ambiente durante 60 dias, antes de serem levadas para o campo experimental. As oito progênies policruzadas foram plantadas através de mudas com 60 dias de idade.

Os nove progenitores foram multiplicados por estacas de 20 cm de comprimento, retiradas do terço médio e inferior das hastes lenhosas. No plantio, as estacas foram colocadas no solo a 10 cm de profundidade média, inclinadas de um ângulo de 45° , de forma tal que as gemas ficaram dirigidas para cima.

Os 17 tratamentos foram organizados em blocos ao acaso com dez repetições. Cada parcela compreendeu três plantas. As parcelas foram colocadas em fileiras, com espaçamento de 1,5 m entre plantas dentro de fileiras e de 2,0 m entre fileiras. Em agosto de 1981, com oito meses pós-plantio, procedeu-se à colheita das plantas para avaliações preliminares (ACOSTA-ESPINOZA, 1983) e obtenção das estacas dos 17 tratamentos. As estacas com 20 cm de comprimento foram retiradas dos terços médios e inferiores das hastes lenhosas. De cada planta foram retiradas quatro estacas que foram identificadas com o número da parcela e da planta dentro da parcela.

3.5. Instalação dos experimentos

Em setembro de 1981 realizou-se o plantio de nove progenitores e oito progênies policruzadas na Estação Experimental de Anhembi. Os 17 tratamentos foram propagados assexuadamente, sendo as estacas colocadas no solo aproximadamente a 10 cm de profundidade, inclinadas segundo um ângulo de 45° , de modo que as gemas ficaram voltadas para cima.

As quatro estacas originadas de uma mesma planta da geração anterior foram separadas para a organização de quatro experimentos. Cada experimento foi delineado em blocos ao acaso, com dez repetições dos 17 tratamentos. Cada parcela compreendeu três plantas, representadas por uma estaca. Dessa forma, embora todas as plantas dos quatro experimentos tenham sido obtidos por propagação vegetativa, ainda existirá variação genética entre plantas dentro de parcelas das progênies policruzadas.

Nota-se, pois, que os quatro experimentos representam quatro réplicas vegetativas do plantio anterior. Este procedimento foi adotado para viabilizar a utilização de progênies policruzadas na estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos, em condições semelhantes àsquelas dos plantios comerciais, onde a propagação é normalmente feita através de estacas.

O plantio foi realizado em fileiras espaçadas

de 2 m. As parcelas foram distribuídas dentro das fileiras com espaçamento de 1,5 m entre plantas. Cada planta ocupou, portanto, uma área de 3 m². Cada experimento envolveu 30 plantas por tratamento, totalizando 510 plantas individuais e área de 1.530 m². Os quatro experimentos envolveram 2.040 plantas individuais e área de 6.120 m² correspondendo a uma densidade de 3.333 plantas/ha. Tal densidade de plantio, inferior àquela empregada em plantios comerciais (cerca de 12.500 plantas/ha), foi utilizada para facilitar a obtenção das observações experimentais. O uso de espaçamento maior entre as plantas deve ter permitido expressão mais acentuada do potencial de rendimento de plantas individuais, em consequência da menor competição intergenotípica.

Os quatro experimentos foram instalados no mesmo campo experimental, de forma contígua e na mesma data. A área abrangendo os quatro experimentos foi acrescida de uma bordadura formada por uma fileira de plantas individuais, em todo o seu perímetro.

O período experimental estendeu-se por dez meses, desde o plantio no campo (23-25 de setembro de 1981) até a colheita de plantas individuais (26 de julho de 1982).

3.6. Caracteres avaliados

Todos os caracteres foram avaliados a partir de plantas individuais, no final do período experimental correspondente ao ciclo vegetativo de dez meses.

a. Altura da primeira ramificação

A altura da primeira ramificação das plantas foi determinada medindo-se a distância entre o nível do solo e a primeira ramificação principal da planta, em metros.

b. Altura das plantas

A altura das plantas foi calculada medindo-se a distância entre o nível do solo e a extremidade superior da planta, em metros.

c. Diâmetro da planta

Avaliou-se o diâmetro da copa da planta através da distância, em metros, entre duas extremidades de uma suposta circunferência, dentro da qual a maioria da copa estava incluída.

d. Peso da parte aérea

Para avaliação do peso da parte aérea foram separadas a parte aérea (haste principal e ramas) e a parte subter-

rânea (raízes). Assim sendo, o peso da folhagem compreendeu o peso fresco de caule mais ramos e mais folhas em kg/planta.

e. Índice de colheita

O índice de colheita foi estimado pelo quociente entre o peso de raízes e o peso total da planta,

f. Distribuição de raízes

Após ser retirada cuidadosamente do solo, para minimizar os danos ao sistema radicular, cada planta foi avaliada para distribuição de raízes. Utilizou-se escala subjetiva de notas visuais:

Nota 1: excelente distribuição de raízes, ou seja, o conjunto de raízes forma circunferência em torno da inserção da estaca original.

Nota 2: regular distribuição de raízes, ou seja, as diversas raízes não formam circunferência ao redor da inserção da estaca original.

Nota 3 : ruim distribuição de raízes, ou seja, a maioria das raízes se concentra em um determinado ponto.

As notas visuais (x) foram transformadas em $\sqrt{x + 0,5}$, com a finalidade de se conseguir aproximação à distribuição normal, necessária aos testes de hipótese (STEEL e

TORRIE, 1980).

g. Número de raízes

O número de raízes foi avaliado através da contagem do número total de raízes por planta. Os dados de contagem foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$, com a mesma finalidade anteriormente descrita no item 3.6 f.

h. Produção de raízes

A produção de raízes foi calculada pelo peso total de raízes frescas, em kg/planta.

3.7. Procedimentos estatístico-genéticos

3.7.1. Análises de variância e de covariância

As observações experimentais foram submetidas à análise individual e conjunta de variância para cada caráter, separadamente: altura da primeira ramificação (AR), altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP), peso da p. aérea (PA), índice de colheita (IC), distribuição de raízes (DR), número de raízes (NR) e produção de raízes (PR).

A análise conjunta da variância foi feita de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$y_{ijkl} = m + t_i + s_{\ell} + (ts)_{i\ell} + b_{j(\ell)} + e_{ij\ell} + d_{ijk\ell}$$

onde:

y_{ijkl} = valor fenotípico de um caráter referente à planta k do tratamento i, na repetição j do experimento ℓ ;

m = média geral do caráter;

t_i = efeito do tratamento i;

s_{ℓ} = efeito do experimento ℓ

$(ts)_{i\ell}$ = efeito da interação tratamento i x experimento ℓ ;

$b_{j(\ell)}$ = efeito da repetição j no experimento ℓ ;

$e_{ij\ell}$ = erro experimental associado à parcela ij do experimento ℓ ;

$d_{ijk\ell}$ = desvio associado à planta k na parcela ij ℓ .

Os graus de liberdade dos tratamentos foram desdobrados em progenitores (P), progênes policruzadas (PP) e o contraste entre os dois grupos P vs PP (G), permitindo, assim, comparar o comportamento médio dos progenitores com aquele das progênes policruzadas. Também foram feitos os desdobramentos da interação de experimentos por P, PP e G. Estes desdobramentos e interações foram efetuados de maneira a tornar as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos representativos de cada tipo de tratamento. O esquema de análise

lise conjunta da variância, juntamente com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, encontra-se na Tabela 1. O efeito de progenitores (P) e progenitores vs progênes polinizadas [P vs PP (G)] foram considerados fixos e o efeito de progênes (PP) aleatório.

As análises da covariância foram efetuadas para os caracteres combinados dois a dois, conforme metodologia tradicional (STEEL e TORRIE, 1980).

Para as análises de covariância foram utilizadas as médias das três plantas de cada parcela. Assim sendo, não foi medida a covariação entre plantas dentro de parcelas. O esquema das análises de covariância é o mesmo das análises de variância (Tabela 4), excluindo-se a fonte de variação (covariação) dentro de parcelas.

3.7.2. Estimativas dos componentes de variância e covariância

Os componentes de variância e covariância foram estimados a partir do esquema geral de análise da Tabela 1:

a. Componente quadrático da variação genotípica entre progenitores (V_p):

$$\hat{V}_p = \frac{Q_9 - Q_6}{RS}$$

b. Variância genética entre progênes policruzadas (σ_{pp}^2):

$$\hat{\sigma}_{pp}^2 = \frac{Q_8 - Q_5}{RS}$$

c. Variância do erro experimental entre parcelas (σ_e^2):

$$\hat{\sigma}_e^2 = Q_2 - \frac{1}{k} Q_1$$

d. Variância ambiental (σ_{dp}^2 para progenitores) ou fenotípica (σ_{dpp}^2 para progênes policruzadas) entre plantas dentro de parcelas:

$$\hat{\sigma}_{dp}^2 = Q_{1P}$$

$$\hat{\sigma}_{dpp}^2 = Q_{1PP}$$

e. Variância genética aditiva (σ_A^2):

$$\hat{\sigma}_A^2 = 4\sigma_{pp}^2$$

Para obter a equação anterior, considerou-se que progênie policruzadas são progênes de meios irmãos. A variância genética entre progênes de meios irmãos corresponde a $(1/4)\sigma_A^2$ (FALCONER, 1981).

f. Variância dominante (σ_D^2):

$$\sigma_{dpp}^2 = \text{variância fenotípica dentro de parcelas das progênes policruzadas;}$$

$\sigma_{d_p}^2$ = variância ambiental dentro de parcelas
de progenitores;

$\sigma_{d_g}^2$ = variância genética dentro de parcelas
de progênies policruzadas.

$$\sigma_{d_g}^2 = \sigma_{d_{pp}}^2 - \sigma_{d_p}^2 = \frac{3}{4} \sigma_A^2 + \sigma_D^2$$

mas:

$$\sigma_A^2 = 4\sigma_{pp}^2$$

então:

$$\sigma_{d_g}^2 = 3\sigma_{pp}^2 + \sigma_D^2$$

e:

$$\sigma_D^2 = \sigma_{d_g}^2 - 3\sigma_{pp}^2$$

ou:

$$\sigma_D^2 = \sigma_{d_{pp}}^2 - \sigma_{d_p}^2 - 3\sigma_{pp}^2$$

em termos de quadrados médios:

$$\sigma_D^2 = Q_{1_{pp}} - Q_{1_p} - 3 \frac{(Q_8 - Q_5)}{RS}$$

g. Variância fenotípica ao nível de médias de progênes polí-cruzadas:

$$\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_{pp}^2 + \frac{1}{S} \hat{\sigma}_{spp}^2 + \frac{1}{RS} \hat{\sigma}_e^2 + \frac{1}{RSK_h} \hat{\sigma}_d^2 = \frac{Q_8}{RS}$$

Quando a análise de variância não inclui a va-
riação dentro de parcelas:

$$\hat{\sigma}_{e'}^2 = \frac{1}{K_h} \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 = Q_2'$$

e:

$$\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_{pp}^2 + \frac{1}{S} \hat{\sigma}_{spp}^2 + \frac{1}{RS} \hat{\sigma}_{e'}^2 = \frac{Q_8'}{RS}$$

h. Covariância genética entre progênes policruzadas:

$$\hat{Cov}_{pp(xy)} = \frac{P_8 - P_5}{RS}$$

i. Covariância genética aditiva:

$$\hat{Cov}_{A(xy)} = 4 \hat{Cov}_{pp(xy)}$$

j. Covariância fenotípica ao nível de médias de progênes po-
licruzadas:

$$\hat{Cov}_{\bar{F}(xy)} = \hat{Cov}_{pp(xy)} + \frac{1}{S} \hat{Cov}_{spp} + \frac{\hat{Cov}_{e'(xy)}}{RS} = \frac{P'_8(xy)}{RS} \quad .39.$$

$$\hat{Cov}_{e'(xy)} = \text{covariância experimental} = \frac{1}{K_h} \hat{Cov}_d + \hat{Cov}_e$$

3.7.3. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos

a. Coeficiente de determinação genotípica ao nível de plantas individuais, para os progenitores (b):

$$b = \frac{V_p}{V_p + \sigma_e^2 + \sigma_{d_p}^2}$$

Maiores detalhes sobre o coeficiente b são apresentados na revisão de literatura.

b. Coeficiente de herdabilidade no sentido restrito, ao nível de plantas individuais (H^2):

$$H^2 = \frac{4\sigma_{pp}^2}{\sigma_{pp}^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{d_{pp}}^2}$$

c. Grau médio de dominância (gmd)

$$gmd = \sqrt{\frac{2\sigma_D^2}{\sigma_A^2}}$$

$gmd = 0$, indica ação gênica aditiva

$gmd = 1$, indica dominância completa

$0 < gmd < 1$, indica dominância parcial

$gmd > 1$, indica sobredominância

d. Coeficiente de variação genética (CV_g):

$$CV_g = \frac{\sqrt{\sigma_{pp}^2}}{\bar{x}} \cdot 100$$

onde:

$\bar{x}$ = média do caráter.

e. Coeficientes de correlação genética (r_A), fenotípica ($r_{\bar{F}}$), e experimental (r_e)

A partir das estimativas dos componentes da variância e covariância, foram calculadas as correlações entre os caracteres combinados dois a dois (xy), fazendo-se:

$$r_{A(xy)} = \frac{C\hat{o}v_{A(xy)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{A(x)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{A(y)}^2}}$$

$$r_{\bar{F}(xy)} = \frac{C\hat{o}v_{\bar{F}(xy)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}x}^2 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{F}y}^2}} = \frac{P_{8(xy)}}{\sqrt{Q_{8(x)} \cdot Q_{8(y)}}}$$

$$r_{e(xy)} = \frac{C\hat{o}v_{e'(xy)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{e'(x)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{e'(y)}^2}} = \frac{P'_{2(xy)}}{\sqrt{Q'_{2(x)} \cdot Q'_{2(y)}}}$$

$r_{A(xy)}$ = estimativa do coeficiente de correlação genética aditiva entre os caracteres x e y ao nível de médias de parcelas.

$r_{\bar{F}(xy)}$ = estimativa do coeficiente de correlação fenotípica entre caracteres x e y , ao nível de médias de progênes polícrizadas;

$r_{e(xy)}$ = estimativa do coeficiente de correlação experimental entre os caracteres x e y , ao nível de médias de parcelas.

A correlação experimental é calculada a partir dos resíduos das análises de variância e covariância. Portanto, a correlação experimental mede o grau de associação líquida entre dois caracteres x e y , ou seja, a associação que permanece entre os caracteres x e y após a retirada de todos os efeitos associados às fontes de variação e covariação controladas pelos experimentos. Tal coeficiente é, pois, função do tipo de experimento e da natureza dos tratamentos utilizados nos experimentos. Na presente pesquisa, as plantas das parcelas dos progenitores possuem somente diferenças ambientais; no entanto, as plantas das parcelas das progênes polícrizadas possuem diferenças ambientais e genéticas. Pelas duas razões consideradas, decidiu-se pela introdução do termo correlação experimental, como uma alternativa mais representativa do que o termo correlação ambiental.

f. Regressão linear múltipla

As associações múltiplas dos caracteres avalia dos com produção de raízes, foram pesquisadas através da regressão linear múltipla, utilizando-se o modelo:

$$Y_j = b_0 + b_1x_{1j} + b_2x_{2j} + \dots + b_mx_{mj} + e_j$$

onde:

Y_j = variável dependente (produção de raízes);

b_0 = termo constante

b_1 = coeficiente de regressão parcial para o caráter 1;

b_m = coeficiente de regressão parcial para o caráter m,

Considerando que o modelo utilizado baseia-se nos coeficientes de regressão parcial, todas as inter-relações entre os caracteres (variáveis independentes) estão incluídas. Dessa forma, a magnitude do coeficiente de regressão linear indica diretamente o grau de associação do caráter envolvido e a produção de raízes,

Também, utilizou-se a técnica de adição unitária de variáveis (passo a passo) relatada por DRAPER e SMITH (1966) para estimar a contribuição relativa de cada caráter na explicação da variação observada na produção de raízes. Assim, um determinado caráter terá importância para explicar

parte da variação observada na produção de raízes somente quando a adição deste caráter à equação de regressão múltipla provocar alteração pronunciada no valor do coeficiente de determinação (R^2) da equação.

Foram estimados os erros associados às estimativas de parâmetros genéticos. As expressões necessárias para estimação de tais erros foram obtidos pela utilização da metodologia de VELLO e VENCovsky (1974).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quatro experimentos considerados envolveram, inicialmente, um total de 17 tratamentos. Todavia, as análises estatístico-genéticas compreenderam 16 dos tratamentos, excluindo-se o progenitor SRT 1139-Aipim Bravo, devido à sua alta susceptibilidade à bacteriose, causada por *Xanthomonas manihotis*, o que implicou em falhas de quase 100% nas parcelas com este progenitor.

A sobrevivência de plantas por parcela foi relativamente alta, pois para um total de 1920 plantas ocorreram 239 falhas (12%), durante o período experimental de dez meses. Esta porcentagem de falhas encontra-se dentro dos padrões normais de experimentação, de maneira a assegurar precisão experimental satisfatória. O espaçamento relativamente amplo utilizado (1,5 x 2,0 m) além de permitir que cada genó-

tipo tivesse condições ambientais adequadas para expressão de seu potencial produtivo, também contribuiu para reduzir a competição intergenotípica e, conseqüentemente, deve ter minimizado o efeito compensatório esperado de uma falha sobre as plantas sobreviventes vizinhas, com reflexos positivos na precisão experimental. Outro fator que deve ter favorecido uma melhor precisão experimental foi a utilização de propagação vegetativa tanto para os progenitores quanto para as progênies policruzadas; este cuidado experimental deve ter possibilitado comparação realística entre os progenitores e suas respectivas progênies.

A distribuição de raízes e o índice de colheita apresentaram os mais baixos coeficientes de variação experimental nas análises conjuntas (8,2 e 11,5%, respectivamente), enquanto que a produção de raízes (32,3%) e o peso da folhagem (36,2%) apresentaram os mais altos valores de coeficientes de variação (Tabela 2). O coeficiente de variação experimental relativamente baixo observado para o índice de colheita parece ser uma tendência generalizada em mandioca, pois outros autores (ACOSTA-ESPINOZA, 1983; FUKUDA *et alii*, 1983; SILVA *et alii*, 1983; DANTAS, 1984) também obtiveram valores ao redor de 10% para este caráter.

Os valores relativamente altos de coeficiente de variação observados para produção de raízes (CV = 32,8%) e peso da folhagem (36,2%) também parece ser uma tendência ge

ral, pois os resultados foram corroborados por outros autores (PAULA, 1976; BARRIGA, 1980; FUKUDA *et alii*, 1983; DANTAS, 1984). Uma possível explicação para os elevados coeficientes de variação observados seria o grande número de genes provavelmente relacionados às heranças dos caracteres produção de raízes e peso da parte aérea, associado com o longo período necessário para a planta atingir o ponto de colheita, de maneira a intensificar a influência ambiental.

4.1. Comportamento dos genótipos nos quatro experimentos

A Tabela 2 relata um resumo das análises conjuntas de variância para todos os oito caracteres pesquisados. Embora tenham sido detectadas diferenças significativas entre experimentos para sete dos oito caracteres considerados, as interações experimentos x progenitores, experimentos x progênes policruzadas e experimentos x grupos foram sempre não-significativas. Este fato, associado com a semelhança (critério de BOX, 1954: quociente entre o maior e o menor quadrados médios no máximo igual a 4) entre os valores dos quadrados médios residuais de cada caráter, obtidos nas análises individuais dos experimentos, permitem que os resultados sejam apresentados e discutidos em termos médios representativos do conjunto dos quatro experimentos. Com isto, a estimação de parâmetros torna-se mais representativa, pois o comportamento de cada genótipo poderá ser baseado em até 120 plantas estratificadas em 40 parcelas (10 repetições x 4 experimentos).

Dé acordo com a Tabela 2, existem diferenças significativas tanto entre progenitores como também entre progênies policruzadas, para todos os oito caracteres. Dois fatos são relevantes na Tabela 2: o primeiro fato compreende a superioridade constante para todos os caracteres da magnitude dos quadrados médios dos progenitores em relação às progênies policruzadas; o segundo fato relaciona-se à inferioridade constante para todos os caracteres da magnitude dos quadrados médios estimados dentro de progenitores em relação aos quadrados médios dentro de progênies policruzadas.

Na Tabela 3 encontram-se as médias observadas, e nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os limites inferior, superior e a amplitude de variação dos oito caracteres, para progenitores e progênies policruzadas. O comportamento dos genótipos para cada caráter é a seguir apresentado, estando baseado nas Tabelas 3, 4 e 5.

a. Altura da primeira ramificação

Entre os progenitores, a altura da primeira ramificação variou de 0,20 a 0,95 m, com média igual a 0,43 m. As progênies mostraram plantas com altura da primeira ramificação de 0,20 a 2,60 m e média de 0,54 m. Os genótipos SRT 1105-Mico, IAC 14-18, SRT 1-Vassourinha e IAC 12-829 apresentaram menor altura de ramificação, tanto para progenitores como para suas respectivas progênies policruzadas. A progênie po-

licruzada SRT 1139-Aipim Bravo também apresentou baixa altura de ramificação. Os genótipos IAC 105-66 Caapora, SRT 1099-Taquari, SRT 59-Branca de Santa Catarina e SRT 1198-Engana Ladrão apresentaram a maior altura da primeira ramificação da planta entre os progenitores, enquanto que SRT 1198-Engana Ladrão, SRT 1099-Taquari e SRT 59-Branca de Santa Catarina foram os de maior altura de ramificação entre as progênes policruzadas; pode-se observar, claramente, que as médias de amplitude foram maiores entre progênes policruzadas (1,03 m) do que entre progenitores (0,28 m).

Segundo COCK (1982) as causas que influenciam as ramificações em mandioca não são conhecidas. O número mais comum de ramos é de 2 ou 3 em cada ponto de ramificação; CIAT (1978) menciona que ótimos níveis de rendimento em raízes foram observados em genótipos que ramificam entre 8 e 10 meses após o plantio. Genótipos com maior altura da primeira ramificação têm a vantagem de permitir melhor aproveitamento de propágulos para as semeaduras posteriores, além de facilitarem o estabelecimento de culturas consorciadas. Os limites superiores observados nas progênes policruzadas (Tabela 4) permitem antever a possibilidade da altura da primeira ramificação poder ser alterada por seleção.

b. Altura da planta

A altura da planta variou de 1,30 a 3,03 m, com média de 2,05 m entre os progenitores. No que se refere

às progênes policruzadas, a altura variou de 1,02 a 2,88 m, sendo a média igual a 1,92 m. Os genótipos SRT 1-Vassourinha e SRT 1105-Mico foram os que apresentaram as menores alturas da planta entre os progenitores e entre suas respectivas progênes policruzadas. Os genótipos IAC 105-66-Caapora, SRT-1198-Engana Ladrão, SRT 1099-Taquari e SRT 59-Branca de Santa Catarina apresentaram maior altura entre os progenitores, enquanto que as progênes policruzadas SRT 1198-Engana Ladrão, SRT 1099-Taquari e SRT 1199-Aipim Bravo foram as de maior altura. A amplitude média foi maior nas progênes policruzadas (1,29 m) que nos progenitores (0,74 m).

A seleção de genótipos de porte reduzido é importante em regiões sujeitas a ventos fortes, visando, com isso, minimizar a ocorrência de acamamento. Tal situação seria mais evidente caso tais áreas apresentassem, também, solos férteis. Nessas circunstâncias, genótipos de porte baixo apresentariam altura mínima necessária para o desenvolvimento de reações fisiológicas em intensidades normais. Por outro lado, genótipos com porte alto seriam recomendáveis para regiões com baixa fertilidade de solo. A segregação transgressiva observada tanto para altura superior como para altura inferior (Tabela 4) indica a possibilidade de se selecionar plantas com maior ou menor altura, dependendo das circunstâncias envolvidas. Para este tipo de seleção, seria importante considerar conjuntamente altura da planta e altura da primeira ramificação, no sentido de se obter ideotipo fisiologicamente

mais eficiente.

c. Diâmetro da planta

Entre os progenitores, o diâmetro da planta variou de 1,13 a 2,63 m, com média de 1,96 m. As progênies policruzadas mostraram plantas de 0,95 a 2,65 m e média de 1,71 m. Os genótipos com menor desenvolvimento em diâmetro foram SRT 1-Vassourinha, SRT 1105-Mico e IAC 14-18, tanto entre progenitores como entre suas progênies policruzadas. Os genótipos SRT 59-Branca de Santa Catarina, SRT 1198-Engana Ladrão e SRT 1099-Taquari foram os progenitores mais desenvolvidos em diâmetro da planta. Dentre as progênies policruzadas mais desenvolvidas destacam-se SRT 1139-Aipim Bravo, SRT 1198-Engana Ladrão e SRT 1099-Taquari. A média de amplitude foi menor nos progenitores (0,80 m) que nas progênies policruzadas (1,31 m).

Existem evidências de que o diâmetro da planta está relacionado ao número de ramificações da parte aérea da planta; as causas de ramificação em mandioca, todavia, não são ainda conhecidas (COCK, 1982).

O diâmetro da planta é um caráter de muito interesse, uma vez que aumentos na densidade populacional requrem o emprego de genótipos com menor diâmetro, tendo-se em vista a obtenção de níveis de produtividade mais elevados por unidade de área. Atualmente, em plantios comerciais são uti-

zadas populações em torno de 12.500 plantas/ha. Aumentos na população de plantas, com base em genótipos adequados a essa finalidade, elevariam, como consequência, a produção de raízes por área, determinando, também, diminuições no tamanho médio das raízes, o que facilitaria os trabalhos de colheita em plantios comerciais destinados à indústria. Genótipos com menor diâmetro da planta poderão ser selecionados nas progênes policruzadas (Tabela 4),

d. Peso da parte aérea

Entre os progenitores o peso da p. aérea variou de 1,120 a 12,678 kg/planta, com média igual a 5,405 kg/planta. Entre as progênes policruzadas foi verificada uma variação de 0,990 a 12,985 kg/planta, com média de 4,176 kg/planta. Os genótipos com menor peso da p. aérea foram SRT 1-Vassourinha, SRT 1105-Mico e IAC 12-829, tanto para os progenitores como para suas progênes policruzadas. Os genótipos SRT 1198-Engana Ladrão, IAC 105-66-Caapora e SRT 1099-Taquari apresentaram maior peso da p.aérea entre os progenitores. Entre as progênes policruzadas destacaram-se os genótipos SRT 1139-Aipim Bravo, SRT 1198-Engana Ladrão e SRT 1099-Taquari. De acordo com a Tabela 4, a amplitude média foi inferior nos progenitores (6,205 kg/planta) e maior nas progênes policruzadas (8,182 kg/planta).

Basicamente, não existem estudos de seleção de

genótipos visando o peso da p. aérea, CONCEIÇÃO (1979) destaca a importância da utilização da parte aérea da planta. O peso da p. aérea pode ter interesse no sentido de se identificar a existência de possíveis associações deste com outros caracteres agronômicos.

e. Índice de colheita

Entre os progenitores, o índice de colheita variou de 0,32 a 0,71, sendo a média igual a 0,56; entre as progênies policruzadas observou-se variação de 0,33 a 0,72, com média de 0,56. Portanto, para índice de colheita, progenitores e progênies policruzadas tiveram comportamento médio muito semelhante. Os genótipos SRT 1-Vassourinha e SRT 1105-Mico foram os que apresentaram índices de colheita superiores entre progenitores, assim como com relação a suas respectivas progênies policruzadas. O genótipo SRT 1198-Engana Ladrão foi o progenitor que manifestou o menor índice de colheita. Entre as progênies policruzadas os menores índices de colheita foram registrados para SRT 1139-Aipim Bravo e SRT 1198-Engana Ladrão, enquanto que os demais genótipos apresentaram valores intermediários. A amplitude média foi de ordem de 0,20 e 0,27 para progenitores e progênies policruzadas, respectivamente.

Os genótipos com crescimento da parte aérea de masiadamente vigoroso geralmente têm índices de colheita mui-

to baixos (CIAT, 1975). Resultados obtidos por ACOSTA-ESPINOZA (1983) mostraram algumas exceções à essa tendência, à semelhança do que foi encontrado na presente pesquisa. Assim sendo, genótipos de crescimento vegetativo (altura e diâmetro) vigoroso, como SRT 59-Branca de Santa Catarina e SRT 1099-Taquari, podem relacionar-se a índices de colheita (0,56 e 0,58 respectivamente) não muito diferentes daqueles apresentados por genótipos de crescimento mais reduzido, a exemplo de SRT 1-Vassourinha e SRT 1105-Mico (índice de colheita igual a 0,63). Realmente, as médias de índice de colheita apresentadas pelos genótipos SRT 59-Branca de Santa Catarina e SRT 1105-Mico, contrastando em vigor, estão muito próximas de 0,60, valor considerado como ideal em mandioca (KAWANO, 1982). É importante mencionar que entre as progênies policruzadas observou-se plantas com índices de colheita iguais a 0,67, conforme constatado para SRT 59-Branca de Santa Catarina e SRT 1099-Taquari (Tabela 5). Um genótipo ideal caracteriza-se por apresentar elevada produção de raízes associada ao índice de colheita em torno de 0,60. Desse modo, uma elevada produção de raízes, deveria representar pelo menos 60% do peso total da planta, situação esta que definiria um genótipo ideal entre as progênies policruzadas.

f. Distribuição de raízes

Entre os progenitores a distribuição de raízes variou de um nível adequado (1,323) para um nível inadequado

(1,768), sendo a média igual a 1,54. Entre progênes policruzadas a variação registrada foi de 1,225 a 1,871, com média igual a 1,57. Os genótipos que apresentaram os menores valores, ou seja, a melhor distribuição de raízes, foram IAC 12-829, IAC 14-18 e SRT 1099-Taquari. Os progenitores SRT 1-Vassourinha e SRT 1105-Mico, mostraram distribuição de raízes ruim. Entre as progênes policruzadas, os genótipos que apresentaram valores altos indesejáveis de distribuição de raízes foram SRT 1-Vassourinha e IAC 12-829; valores baixos desejáveis ocorreram para SRT 1099-Taquari, SRT 1105-Mico e IAC 14-18. A amplitude média foi igual a 0,303 para progenitores e 0,513 para progênes policruzadas.

A distribuição de raízes é um fator de muita importância, tanto no que diz respeito aos aspectos relacionados a maior ou menor facilidade de colheita, como no que concerne ao número de raízes e, conseqüentemente, à produção. Não foi encontrado na literatura nenhum trabalho voltado para seleção neste caráter. De acordo com a Tabela 5, algumas progênes policruzadas mostraram valores mais baixos, portanto, mais desejáveis do que os valores de seus progenitores, evidenciando a possibilidade de se praticar seleção para melhor distribuição de raízes.

g. Número de raízes

O número de raízes entre os progenitores va-

riu de 3,8 (ou 2,074 após transformações) a 20,3 (ou 4,561 transformado), com média igual a 10,5 raízes (ou 3,31 transformado); entre as progênies policruzadas a variação foi de 3,7 a 24,3 raízes (ou 2,049 a 4,980 transformado), com média igual a 10,3 raízes (ou 3,280 transformado). Os genótipos SRT 1099-Taquari e IAC 14-18 foram aqueles que apresentaram maior número de raízes, tanto entre os progenitores como entre suas progênies policruzadas. As progênies policruzadas IAC 12-829 e SRT 1-Vassourinha foram as que apresentaram menor número de raízes. A amplitude média foi 1,3 raízes (ou 1,352 transformado) entre progenitores e 4,2 raízes (ou 2,160 transformado) entre progênies policruzadas.

De acordo com a Tabela 5, um mesmo genótipo poderá apresentar diferentes números de raízes, mesmo dentro de uma área experimental restrita, como aquela utilizada no presente trabalho. Genótipos com alta produção normalmente apresentam um número de nove raízes bem desenvolvidas (CIAT, 1974). Conforme mencionado anteriormente, o número de raízes poderia ser alterado também em função da população de plantas por área. Os limites de variação apresentados na Tabela 4 indicam amplas possibilidades de sucesso com seleção para maior número de raízes por planta.

h. Produção de raízes

A produção de raízes entre os progenitores va-

riou de 1,907 a 12,167 kg/planta, com média igual a 6,559 kg/planta; entre as progênes policruzadas esta variação foi de 1,135 a 12,984 kg/planta, com média igual a 5,289 kg/planta. Entre os progenitores podem ser distinguidos três grupos: no primeiro seriam incluídos os genótipos com maior produção de raízes, quais sejam, SRT 1099-Taquari, SRT 59-Branca de Santa Catarina e IAC 12-829; no segundo grupo estariam os genótipos com produção intermediária, IAC 14-18, SRT 1198-Engana Ladrão e IAC 105-66-Caapora; o terceiro grupo compreenderia os genótipos com produções inferiores, ou seja, SRT 1-Vassourinha e SRT 1105-Mico. Entre as progênes policruzadas os genótipos que manifestaram menor produção de raízes foram IAC 12-829 e SRT 1-Vassourinha; as progênes com produções superiores foram os genótipos SRT 1099-Taquari e SRT 1105-Mico; as progênes dos demais genótipos mostraram valores intermediários de produção. A amplitude média para produção de raízes foi 7,218 kg/planta entre progenitores e 9,620 kg/planta entre progênes policruzadas.

Estes resultados comprovam a excelente adaptação desta cultura a solos ácidos e de baixa fertilidade, conforme se verifica pelas elevadas produções médias de raízes observadas para progenitores (6,559 kg/planta ou 21,863 t/ha) e para progênes policruzadas (5,289 kg/planta ou 17,630 t/ha), obtidas durante um período experimental de dez meses. Também existe a possibilidade de se praticar seleção dentro das progênes policruzadas. De acordo com a Tabela 5, foram ob-

servados genótipos produzindo até 12,983 kg/planta ou 43,3 t/ha. Tal nível de produtividade é bastante significativo, superando em 50% o progenitor mais produtivo (SRT 1099 - Taquari 8,660 kg/planta ou 28,9 t/ha, Tabela 3). Este fato, indica o grande potencial da população formada pelas progênes policruzadas para o melhoramento da mandioca.

É importante salientar que esta pesquisa não utilizou nenhuma adubação, tendo a mesma sido conduzida em solo ácido e pobre em fósforo (Apêndice 2). Níveis de produção tão elevados como os observados neste estudo só ocorrem em plantios comerciais, na região, quando o ciclo vegetativo é estendido para 16 a 24 meses. Tal fato indica o excelente potencial produtivo aliado à desejável precocidade dos genótipos utilizados. As altas produções de raízes observadas também são consequência das condições ambientais (temperatura e precipitação) plenamente favoráveis que ocorreram durante o período experimental (Apêndice 2),

Observando a ampla variação da produção de raízes pode entever-se o sucesso da seleção para aumentar a produção de raízes em mandioca, por unidade de área. Salientou-se, nesse contexto, o genótipo SRT 1099-Taquari, por ter apresentado o maior nível de produção de raízes e transmitido esta alta capacidade produtiva para suas progênes policruzadas (8,660 kg/planta ou 28,867 t/ha e 6,113 kg/parcela ou 20,377 t/ha, respectivamente).

i. Caracteres em conjunto

Com base nas Tabelas 4 e 5 constatou-se a existência de maior amplitude de variação nas progênies policruzadas que entre os progenitores, para todos os caracteres em estudo. De acordo com a Tabela 3, as médias dos progenitores foram superiores para altura da planta, diâmetro da planta, peso da p. aérea e produção de raízes, e, inferior para altura da primeira ramificação. No que concerne ao índice de colheita, distribuição de raízes e número de raízes, foram observados valores semelhantes para progenitores e progênies policruzadas.

Ainda na Tabela 3, observou-se que o progenitor IAC 105-66-Caapora apresentou valores classificados como altos para os caracteres altura da primeira ramificação, altura da planta, diâmetro da planta e peso da p. aérea e, conseqüentemente, um índice de colheita relativamente baixo. O referido genótipo classificou-se como intermediário para os caracteres distribuição de raízes, número de raízes e produção de raízes.

Os genótipos SRT 1-Vassourinha e SRT 1105-Mico, em termos gerais, manifestaram menor altura da primeira ramificação, altura da planta, diâmetro da planta, peso da p. aérea e, conseqüentemente, maior índice de colheita; não apresentaram, porém, comportamento adequado à distribuição de raízes, além de possuírem número de raízes relativamente baixo e, conseqüentemente, os mais baixos valores de produção.

O progenitor SRT 1099-Taquari e respectivas

progênes policruzadas apresentaram, no geral, valores relativamente altos para a altura da primeira ramificação, altura da planta, diâmetro da planta e peso da p. aérea, assim como valores intermediários para o índice de colheita, melhor distribuição de raízes, maior número de raízes e, consequentemente, maior produção de raízes.

Resultados semelhantes foram observados por ACOSTA-ESPINOZA (1983) utilizando progenitores multiplicados por estaca e progênes policruzadas multiplicadas por sementes.

Com base no comportamento dos genótipos mencionados, verificou-se a tendência de existir associações entre os caracteres, as quais serão posteriormente discutidas.

4.2. Eficiência dos policruzamentos e propagação vegetativa

A eficiência de um esquema de policruzamentos depende diretamente da probabilidade igual de participação de todos os genótipos na formação de gametas e na recombinação gênica. Dois eventos podem evidenciá-la (VELLO, 1977; ACOSTA-ESPINOZA, 1983), a saber: menor variação entre progênes policruzadas e maior variação dentro das mesmas, em comparação com o que se verificou em relação à variação entre e dentro de progenitores.

Na presente pesquisa evidenciou-se, de maneira sistemática para os oito caracteres avaliados, que a menor variação relativa entre progênies policruzadas pode ser distinguida pela menor magnitude dos quadrados médios entre progênies policruzadas, quando comparados com os quadrados médios entre progenitores, conforme verificado na Tabela 2. Quanto à maior variação relativa dentro de progênies policruzadas, esta pode ser visualizada pelas diferenças quanto às amplitudes de variação constatadas entre progênies policruzadas e entre progenitores, para os oito caracteres considerados (Tabela 2, 4 e 5); as tabelas 6 e 11 também ilustram este fato.

O esquema de policruzamentos ora empregado baseou-se em parcelas de nove plantas individuais e colheita de sementes da planta central. Esta última tinha por função contribuir com óvulos (gametas femininos) enquanto que os grãos de pólen (gametas masculinos) seriam provenientes predominantemente das oito plantas circunvizinhas restantes. Cabe destacar, que a ocorrência de protogínia em mandioca (amadurecimento das flores femininas se dá uma a duas semanas antes das masculinas) minimiza a ocorrência de autofecundações assegurando a eficiência dos intercruzamentos e proporcionando uma recombinação equilibrada.

Supõe-se que o esquema de parcelas com nove plantas, realizando-se a colheita de sementes na planta central, tenha oferecido condições favoráveis aos intercruzamen-

tos, visto que cada progenitor teve como vizinhos todos os outros oito progenitores restantes, constituindo-se exceções algumas poucas falhas observadas nas 16 repetições. O referido esquema deve ser ainda mais eficiente no que concerne à recombinação gênica, em comparação com os esquemas parcialmente balanceados (WRIGHT, 1965; OLESEN e OLESEN, 1973) e completamente balanceado (OLESEN, 1976), nos quais cada parcela é constituída, normalmente, por uma única planta. Na presença de falhas de planta e de florescimento não coincidente entre diferentes genótipos esta vantagem seria ainda mais significativa. Embora com menor intensidade, tal vantagem também seria identificada em relação ao esquema de policruzamentos acompanhado de seleção (VELLO, 1977), onde uma só planta por parcela participa das recombinações, dado que a seleção elimina todas as demais plantas de cada progênie antes do florescimento. Em se tratando de caracteres passíveis de serem selecionados somente após o florescimento, porém, várias plantas, na parcela, participariam da recombinação. O esquema de policruzamentos presentemente utilizado, entretanto, possui o inconveniente de exigir área maior de terreno para a produção de determinada quantidade de sementes.

No lote de policruzamentos foi constatada a presença de insetos polinizadores (abelhas e vespas) em quantidades satisfatórias para o estabelecimento normal de intercruzamentos. Convém ressaltar que o vento pode, igualmente, representar um agente de contribuição para a polinização em

mandioca (ALBUQUERQUE, 1969; CONCEIÇÃO, 1979). A existência de plantas prolíficas (com muitas flores), além disso, assegura, de certo modo, a sincronização do florescimento entre os diferentes genótipos, favorecendo os cruzamentos e a recombinação ao mesmo tempo em que desfavorece a autofecundação e os cruzamentos preferenciais, que poderiam levar à endogamia. Embora os insetos, particularmente as abelhas, visitem flores concentradas numa pequena área, com 1,5 m de diâmetro máximo, a ocorrência indesejável de autofecundação é evitada, em grande parte, devido a preferência das plantas por pólen estranho durante a fecundação (FREE, 1970).

Nesta pesquisa, o progenitor IAC 105-66 Caapora não produziu flores femininas, tendo contribuído apenas com pólen para os intercruzamentos. Isto poderia ter prejudicado os policruzamentos e aumentado a endogamia da população formada pelas progênies policruzadas. É um fato já conhecido que determinados genótipos de mandioca não tem florescimento normal sob determinadas condições ambientais. A explicação mais simples envolveria a ação de certos genes para esterilidade masculina e/ou feminina. O emprego constante da reprodução assexuada favoreceria a sobrevivência de genes para esterilidade na população, dado que os alelos para florescimento normal não possuiriam nenhuma vantagem seletiva. Genótipos carregando genes para esterilidade poderiam ser mais vigorosos vegetativamente, de maneira tal que a presença de genes para esterilidade poderia até representar vantagem seletiva

durante o processo de reprodução vegetativa continuada. Fatores ambientais como luminosidade, fotoperíodo, temperatura, umidade relativa do ar, fertilidade do solo, também poderiam influenciar de alguma maneira o florescimento. Cuidados especiais com florescimento poderão vir a ser necessários em determinados programas de melhoramento.

A magnitude inferior de variação entre progênies e superior dentro de progênies, relativamente aos valores observados para os progenitores, são indicativos de que a técnica de policruzamentos foi eficiente em promover a recombinação gênica entre os progenitores. Evidência no mesmo sentido, mas em menor intensidade dentro de parcelas, foi observado por ACOSTA-ESPINOZA (1983) comparando progenitores propagados por estacas com progênies policruzadas propagadas por sementes.

Nos quatro experimentos desta pesquisa, tanto progenitores quanto progênies policruzadas foram multiplicados vegetativamente, através de estacas. Este procedimento teria as vantagens de: possibilitar a obtenção de erros experimentais semelhantes entre parcelas para progenitores e para

progênes policruzadas; tornar mais realística a comparação entre progenitores e progênes policruzadas, uma vez que ambos foram multiplicados através da mesma via reprodutiva, ou seja, vegetativamente por estacas. O uso de propagação vegetativa, em particular, teria a vantagem de permitir a utilização de réplicas perfeitas dos experimentos, favorecendo o controle das influências ambientais e melhorando a representatividade dos parâmetros estimados. O procedimento em discussão teria a desvantagem de exigir um plantio adicional para, a partir de sementes, obterem-se plantas adultas fornecedoras das estacas das progênes policruzadas. Esta desvantagem torna-se importante quando se considera que um plantio adicional de mandioca representa período mínimo de dez meses.

Quando se comparam os resultados desta pesquisa com aqueles obtidos por ACOSTA-ESPINOZA (1983), verifica-se que a utilização da propagação vegetativa melhorou acentuadamente a discriminação entre progenitores e progênes policruzadas no que se refere à variação dentro de parcelas, para três (diâmetro da planta, número de raízes e produção de raízes) dos cinco caracteres comuns aos dois estudos. A utilização de propagação vegetativa também deverá tornar mais eficiente a seleção baseada nas médias de produção de raízes das progênes policruzadas, em função da melhor discriminação entre médias e das alterações na ordem de classificação das médias, quando comparada com os resultados baseados na multiplicação por sementes (ACOSTA-ESPINOZA, 1983).

4.3. Variabilidade dos caracteres

As estimativas de parâmetros genéticos obtidas no presente trabalho foram calculadas a partir de quatro experimentos conduzidos num único local e ano agrícola, durante um ciclo vegetativo de dez meses. Assim, existe a possibilidade de tais estimativas terem sido superestimadas, em consequência da inclusão do componente de variação relativa à interação genótipos x ambiente. Os resultados ora alcançados restringem-se às condições específicas de cultivo de mandioca na região Centro Sul do Brasil. É muito provável, contudo, que algumas das progênies policruzadas identificadas pela manifestação de características agronômicas superiores possam apresentar adaptações similares a outros ambientes.

As estimativas de variabilidade obtidas para os diferentes parâmetros genéticos e fenotípicos encontram-se nas Tabelas 6 e 7. Na Tabela 6 são apresentadas as estimativas e erros associados aos seguintes parâmetros: variância ambiental dentro de progenitores, variância fenotípica dentro de progênies policruzadas, variância do erro experimental, componente quadrático de variação genotípica entre progenitores, variância genética entre progênies policruzadas, variância genética aditiva e dominante para os oito caracteres em estudo. Na Tabela 7 são apresentadas as estimativas dos parâmetros coeficiente de determinação genotípica, coeficiente de herdabilidade, grau médio de dominância e coeficiente genético de

variação para os oito caracteres estudados. Considerando-se que os policruzamentos foram eficientes em promover a recombinação gênica, favorecendo a homogeneização das progênes, seria possível admitir que a população formada pelas progênes policruzadas estivesse em equilíbrio de Castle - Hardy - Weinberg, de maneira que as estimativas seriam não-tendenciosas. Na realidade, um único ciclo de policruzamentos parece não ter sido suficiente para homogeneização completa das progênes, uma vez que ainda existem diferenças significativas entre progênes para os oito caracteres (Tabela 2).

Também, convém discutir o tamanho efetivo da população constituída pelas progênes policruzadas. Considerando que as progênes foram obtidas a partir de nove progenitores de procedências diferentes e que, na melhor das hipóteses cada um desses progenitores é proveniente do cruzamento de duas plantas geneticamente diferentes, o tamanho efetivo da população seria no máximo igual a 18 (9×2). Tal tamanho efetivo seria classificado como pequeno, quando comparado com o tamanho mínimo de 32 genótipos, estimados por BAKER e CURNOW (1969). Um tamanho efetivo reduzido a 18 genótipos, restringiria a variabilidade genética da população original e, possivelmente, levaria à fixação muito rápida de alelos favoráveis e desfavoráveis, limitando o progresso genético com seleção a longo prazo.

Pode-se observar nas Tabelas 6 e 11, a existência de

variação ambiental dentro de parcelas de progenitores com respeito aos oito caracteres em estudo, para os quais as estimativas dos parâmetros sobrepujaram em mais de 15 vezes os respectivos erros associados. As estimativas da variação fenotípica entre plantas dentro de parcelas para progênes polícruzadas obedeceram à mesma tendência para todos os caracteres; comparando-se as estimativas obtidas dentro de parcelas para progenitores e progênes polícruzadas, concluiu-se pela superioridade destas últimas; esta superioridade é explicada pela existência de um componente genético e de um componente ambiental na variação existente dentro de progênes polícruzadas, enquanto que toda a variação existente dentro de progenitores é de natureza ambiental. A existência de variação genética dentro de progênes possibilita a prática de seleção entre plantas das progênes polícruzadas, à semelhança do que foi relatado por VELLO (1977), VELLO e VENCOSKY (1982).

As estimativas de variância ambiental dentro de parcelas (σ_{dp}^2) foram superiores às estimativas de variância do erro experimental entre parcelas (σ_e^2). A partir das informações de Tabela 6, foram calculados os quocientes $\sigma_{dp}^2 / \sigma_e^2$ para os oito caracteres, os quais são relacionados no quadro a seguir apresentado.

caracteres	σ_d^2 / σ_e^2 p
altura da primeira ramificação	9,1
altura da planta	3,0
diâmetro da planta	2,8
peso da parte aérea	3,9
índice de colheita	3,6
distribuição de raízes	4,4
número de raízes	4,9
produção de raízes	4,7

Os quocientes apresentados no quadro anterior poderão ser de utilidade para outras pesquisas, principalmente naquelas que não dispõem da estimativa ambiental dentro de parcelas.

Quanto à variação genotípica entre progenitores, verificou-se que as estimativas dos parâmetros sobrepujaram em aproximadamente duas vezes os respectivos erros associados, para todos os caracteres em estudo; a mesma tendência foi identificada para as progênies policruzadas, para sete dos oito caracteres considerados. Com base no valor do erro associado, a distribuição de raízes seria um caráter com variação nula entre progênies. Confirmando o que foi anteriormente discutido (Tabela 2), as estimativas de variância genotípica entre progenitores foram superiores às estimativas de va-

riância genética entre progênies policruzadas, sistematicamente para os oito caracteres (Tabela 6). A recombinação gênica provocada pelos policruzamentos deve ter deslocado parte da variabilidade existente entre progenitores para dentro das progênies policruzadas.

Pela observação da variância aditiva (Tabela 6) pode-se reconhecer a existência de variação genética para sete dos caracteres avaliados, excetuando-se o caráter distribuição de raízes.

As estimativas de variância dominante podem ser consideradas como nulas para três caracteres: altura da planta, peso da p. aérea e índice de colheita. Para os demais cinco caracteres, a variância dominante está presente, chegando até a superar a variância genética aditiva, no caso dos caracteres altura da primeira ramificação, diâmetro da planta, distribuição de raízes e produção de raízes (Tabela 6). Com base nas magnitudes das estimativas e na relação entre estimativas e erros associados, verifica-se que os resultados apresentados são mais realísticos do que aqueles obtidos por ACOSTA-ESPINOZA (1983). A melhor representatividade das estimativas seria consequência de dois fatos: utilização de propagação vegetativa para multiplicação das progênies; maior número de plantas envolvidas, em função do grande número de parcelas ($40 = 10$ repetições $\times$ 4 experimentos) e da casualização dessas parcelas por toda a área experimental.

As estimativas dos coeficientes de determinação genotípica (Tabela 7), b , representam medidas da quantidade de variação existente entre os genótipos dos progenitores, ao nível de plantas individuais, nos diferentes caracteres. A sua validade se restringe ao conjunto de progenitores utilizados nesta pesquisa, pois este parâmetro é de natureza fixa. Uma primeira utilidade para o b é a possibilidade que ele oferece de comparar a magnitude da variação genotípica existente em diferentes grupos fixos de genótipos, uma vez que ele foi estimado ao nível de plantas individuais, estando portanto livre de efeitos experimentais. Uma segunda utilidade do b é a possibilidade que ele oferece de comparar os níveis de variação existentes em caracteres diferentes, no sentido de se predizer o grau relativo de dificuldade para alterar cada caráter através de seleção. Conforme relatado na revisão de literatura, o b corresponde ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo para um conjunto fixo de genótipos. MARTINS e VELLO (1981) e ACOSTA-ESPINOZA (1983) mencionam que os valores de b podem variar de 0 a 1, de maneira que conjuntos de genótipos e/ou caracteres possuindo valores de b próximos de 1 são esperados serem mais facilmente alterados por seleção. Este tipo de predição deve ser acompanhado de certo cuidado, pois tanto o b como o coeficiente de herdabilidade no sentido amplo medem a variação genotípica total, incluindo-se as variâncias aditiva, dominante e espistáticas, e nem todas elas são aproveitáveis na seleção.

De acordo com a Tabela 7, tendo os valores de b sido superiores aos erros a eles associados, existiria variação genotípica em todos os caracteres. Caracteres como altura da planta e diâmetro da planta, possuindo valores superiores para b , seriam mais facilmente alterados por seleção; peso da p. aérea, índice de colheita e altura da primeira ramificação, apresentariam grau intermediário de dificuldade à seleção; distribuição, número e produção de raízes seriam caracteres com maiores dificuldades de serem alterados por seleção.

Resultados contrastantes com os obtidos nesta pesquisa e com aqueles observados por ACOSTA-ESPINOZA (1983) foram encontrados por; BARRIGA (1980) que obteve valores altos de b para produção de raízes ($b = 0,52$ a $0,91$) e peso da folhagem ($b = 0,91$ e $0,94$); DANTAS (1984), para produção de raízes ($b = 0,74$) e índice de colheita ($b = 0,878$). Tais diferenças de resultados seriam explicadas, em primeiro lugar, pelo fato das estimativas de BARRIGA (1980) e DANTAS (1984) terem sido obtidas ao nível de médias de repetições, de tal forma que o erro experimental foi reduzido e, em consequência, as estimativas de b tornaram-se superiores; o coeficiente de determinação calculado com base em médias de repetições, tem a desvantagem de ficar restrito ao tipo de experimento que levou à sua obtenção, não podendo ser comparado com estimativas obtidas em experimentos com delineamento ou estrutura diferente. A diferença entre os resultados, deveu-se ,

também, à própria natureza fixa do coeficiente de determinação, limitando a sua validade ao conjunto de genótipos analisados. Além disso, diferenças no ciclo vegetativo e diferenças ambientais entre os locais, anos e práticas culturais também poderiam levar à obtenção de valores diferentes para b. De fato, COCK (1982) salientou que as influências de ambiente podem alterar o ciclo vegetativo da mandioca, o qual pode variar de nove a doze meses em regiões quentes, alcançando até 24 meses em regiões mais frias.

A Tabela 7 também relaciona os valores das estimativas dos coeficientes de herdabilidade (H^2) no sentido restrito e ao nível de plantas individuais. Estes coeficientes tem natureza aleatória e refletem a magnitude da variância genética aditiva, podendo ser utilizados na predição da resposta a ser alcançada com a prática de seleção para qualquer caráter da população formada pelas progênes policruzadas. Os valores de H^2 também podem ser comparados com aqueles obtidos em outros experimentos, pois estão livres dos efeitos experimentais, uma vez que foram calculados ao nível de plantas individuais.

As estimativas de H^2 tendo sido superiores aos erros a elas associadas (Tabela 7) indicam a existência de variação genética passível de ser explorada por seleção nos oito caracteres. Índice de colheita foi o caráter com maior H^2 e, com maior grau de variação genética. Distribuição e produ

ção de raízes possuem os menores valores de H^2 e, portanto, os menores graus de variação genética. Observa-se na Tabela 7 que os caracteres são ordenados diferentemente em relação aos coeficientes b e H^2 . Esta diferença de classificação é explicada pela presença de variância dominante e das epistasias a ela associadas no numerador do b , e à ausência das mesmas no numerador de H^2 .

Embora com magnitudes diferentes, as estimativas de H^2 tem a mesma ordem de classificação nesta pesquisa e naquela conduzida por ACOSTA-ESPINOZA (1983), para os cinco caracteres comuns aos dois estudos. Os valores de H^2 da presente pesquisa devem ser mais realísticos, pelas razões já discutidas, envolvendo propagação vegetativa, maior número de plantas ($120 = 4$ experimentos $\times$ 10 repetições $\times$ 3 plantas/parcela) e maior período experimental (dez contra oito meses). RAMALHO e PEREIRA (1979) mencionam valor de $H^2 = 0,475$ para produção de raízes de mandioca; como esta herdabilidade foi estimada com base em médias, ela não deve ser comparada com valores obtidos em outros experimentos.

Com base nos valores de grau médio de dominância (gmd) apresentados na Tabela 7, os oito caracteres seriam assim caracterizados, quanto ao tipo de ação gênica predominante na herança:

- ação gênica aditiva: índice de colheita;

- dominância parcial: número de raízes, peso da parte aérea e altura da planta;
- sobredominância: diâmetro da planta, produção de raízes, altura da primeira ramificação, distribuição de raízes.

ACOSTA-ESPINOZA (1983) obteve resultados semelhantes de gmd para três caracteres: altura da planta, diâmetro da planta e índice de colheita; mas, obteve resultados contrastantes para dois caracteres: número de raízes e produção de raízes. Novamente, convém salientar a melhor representatividade das estimativas obtidas na presente pesquisa, em função do uso de propagação vegetativa, maior número de plantas e maior período experimental.

As estimativas de coeficiente genético de variação (CV_g) também foram relatados na Tabela 7. Sendo o CV_g o quociente entre o desvio padrão genético e a média do caráter, ele indicaria a amplitude das diferenças genéticas observadas no caráter, independentemente da unidade de avaliação do caráter. Valores altos de CV_g indicariam existência de genótipos mais extremos (transgressivos); valores de CV_g próximos de zero indicariam falta de variabilidade genética, ou, concentração de genótipos em torno da média do caráter. Com base nos valores de CV_g da Tabela 7, haveria maiores possibilidades de selecionar genótipos transgressivos para os caracteres peso da p. aérea, altura da primeira ramificação e pro-

dução de raízes; mudanças relativamente intermediárias poderão ocorrer nos caracteres: índice de colheita, altura da planta, diâmetro da planta e número de raízes; finalmente, o caráter distribuição de raízes dificilmente será alterado por seleção.

Com base no conjunto de parâmetros relatados, os seguintes procedimentos seriam mais indicados para melhoramento dos oito caracteres:

- a. altura da primeira ramificação: hibridação a curto prazo e seleção a longo prazo;
- b. altura da planta: seleção ou hibridação;
- c. diâmetro da planta: hibridação a curto prazo e seleção a longo prazo;
- d. peso da p. aérea: seleção recorrente e hibridação;
- e. índice de colheita: seleção;
- f. distribuição de raízes: alteração muito difícil, com chances em programas de hibridação;
- g. número de raízes: seleção recorrente;
- h. produção de raízes: hibridação a curto prazo e seleção recorrente a longo prazo.

Do resumo anterior, dois fatos são relevantes:

o primeiro compreende a importância de se utilizar o índice de colheita nos programas de seleção para maior produtividade; o segundo fato, compreende a possibilidade de se conseguir sucesso para os caracteres de valor econômico, como produção de raízes, altura da primeira ramificação e diâmetro da planta, em programas de hibridação. Esta possibilidade é enriquecida pela relativa facilidade com que a heterose pode ser fixada e multiplicada através da reprodução vegetativa, via normal de multiplicação comercial da mandioca,

As estimativas de variância dominante e grau médio de dominância estão concordantes com a mencionada (ALLARD, 1971) existência de grande quantidade de heterozigosidade nas espécies que utilizam propagação vegetativa para multiplicação comercial,

De acordo com o que foi relatado na revisão de literatura, a condição de espécie monóica, altamente prolífica, com flores de tamanho adequado para fácil manipulação, tanto em autofecundações, como em cruzamentos, e a possibilidade de se empregar propagação vegetativa e macho-esterilidade, tornam viável a aplicação de praticamente todos os métodos existentes, em programas de melhoramento da mandioca.

Em função do ciclo vital longo, com um mínimo de dez meses para colheita das raízes comerciais, e da dificuldade de avaliação da produção de raízes, torna-se importante conhecer as associações entre os diferentes caracteres,

principalmente entre os caracteres da parte aérea e a produção de raízes. Talvez, existam caracteres da parte aérea que possam ser úteis para avaliação indireta da produção de raízes.

4.4. Associações entre os caracteres

As associações entre os caracteres foram pesquisadas utilizando-se as observações experimentais das progênies policruzadas, através das estimativas de correlações entre os caracteres combinados dois a dois (Tabela 8) e das equações lineares múltiplas envolvendo produção de raízes e os demais caracteres (Tabela 9). Estimativas de soma de produtos, produtos médios e covariâncias entre os caracteres estão na Tabela 10.

Na Tabela 8 são apresentados os coeficientes de correlação fenotípica, genética e experimental, dos caracteres combinados dois a dois. O termo coeficiente de correlação experimental foi preferido em substituição ao termo correlação ambiental, pelas razões expostas em materiais e métodos.

Em geral, os valores de correlações fenotípicas e genéticas foram muito semelhantes entre si; isto é explicado pelo fato das correlações fenotípicas terem sido estimadas ao nível de médias de progênies, minimizando a influên-

cia ambiental e tornando os dois tipos de correlação muito se semelhantes em valor. Tendência semelhante é relatada por RAMALHO e PEREIRA (1979).

Com algumas exceções, a correlação experimental mostrou-se inferior às correlações fenotípicas e genéticas.

Os maiores valores (próximos da unidade) de correlação fenotípica e genética foram observados entre os caracteres distribuição, número e produção de raízes, indicando que sistema radicular com grande número de raízes, distribuídos em circunferência ao redor da inserção da estaca original, devem maximizar a produção de raízes.

Diâmetro da planta foi o caráter da parte aérea que mais fortemente se correlacionou com produção de raízes, exibindo valores acima de 0,5 para os três tipos de correlação considerados. Este equilíbrio entre os tipos de correlação está indicando que diâmetro da planta e produção de raízes são dois caracteres correlacionados geneticamente (pleiotropia e/ou ligação gênica) e, também, ambientalmente, ou seja, mudanças ambientais tem reflexos comuns nos dois caracteres.

As correlações dos caracteres altura da planta e índice de colheita com produção de raízes representam situação desfavorável ao melhoramento, pois, as correlações fenotípica e genética são baixas, mas a correlação experimental é

intermediária. Portanto, qualquer indício de associação de altura da planta e índice de colheita com produção de raízes teria razões muito mais ambientais do que genéticas.

Embora peso da p. aérea e índice de colheita tenham altos valores de correlação fenotípica e genética entre si ($r > -0,85$), as correlações de ambos com produção de raízes são bem inferiores ($r < 0,40$). Tal fato tem aspecto positivo, pois indica a possibilidade de se obterem genótipos com alta produção de raízes e limitado crescimento vegetativo. Estes genótipos teriam eficiência fotossintética superior e permitiriam a redução dos espaçamentos utilizados nos plantios comerciais.

Mais importante que o estudo das correlações entre os caracteres combinados dois a dois, seriam os estudos relativos às associações múltiplas entre caracteres.

Na Tabela 9 são apresentadas as equações de regressão linear múltipla entre o caráter produção de raízes (Y = variável dependente) e os demais sete caracteres pesquisados, como variáveis independentes (x_1 a x_7). Nestas equações, os valores de b_1 a b_7 representam coeficientes de regressão parcial, de maneira que eles medem a associação entre um determinado caráter e produção de raízes, ajustadas para os demais caracteres. O coeficiente de determinação ($R^2\%$) que acompanha cada equação indica a porcentagem da variação observada na produção de raízes, que é explicada pela equação

de regressão linear múltipla.

A equação nº 127 da Tabela 8, que incluiu todas as sete variáveis independentes, explicou 86% da variação observada na produção de raízes. Outros caracteres, não incluídos nesta pesquisa, devem ser responsáveis pelos restantes 14% não-explicados por esta equação.

Do total de 127 equações apresentadas na Tabela 9, existem 31 equações com $R^2 > 80\%$. A mais simples dessas equações é aquela de nº 23 ($R^2 = 83\%$) na qual são incluídos apenas dois caracteres: peso da p.aérea e índice de colheita. A adição de mais caracteres só melhorou a representatividade da equação em 3% (equação nº 127, $R^2 = 86\%$). Portanto, peso de p. aérea e índice de colheita em conjunto são os caracteres mais importantes para estimação da produção de raízes.

Considerando-se os quatro caracteres da parte aérea, X_1 = altura da primeira ramificação, X_2 = altura da planta, X_3 = diâmetro da planta e X_4 = peso de p.aérea, obteve-se a equação nº 64 com $R^2 = 58\%$. Portanto, os caracteres da parte aérea em conjunto explicam no máximo 58% da variação observada na produção de raízes. A equação nº 44 ($R^2 = 58\%$) é função de três caracteres da parte aérea: altura da planta, diâmetro da planta e peso da p. aérea. Comparando-se as equações nºs 44 e 64, observa-se que a retirada do caráter altura da primeira ramificação não trouxe nenhum prejuízo à equação.

Comparando-se as equações nº 64 e nº 34, verifica-se que a retirada da altura da planta provocou um prejuízo de apenas 1% à equação. A retirada simultânea dos dois caracteres altura da primeira ramificação e altura da planta, prejudicou a equação em apenas 1% (comparar equações nºs 64 e 19). Finalizando, os caracteres diâmetro da planta e peso da parte aérea são os caracteres da parte aérea mais importantes para a predição da produção de raízes. Individualmente, diâmetro da planta contribui com 44% (equação nº 3), peso da parte aérea com 49% (equação nº 4); em conjunto, esses dois caracteres contribuem com 57% (equação nº 19) para explicar a variação observada na produção de raízes.

Estudos realizados por ESTEVÃO *et alii* (1972) mostraram que o peso da p. aérea foi o único caráter que contribuiu significativamente para a produção de raízes. Já SILVA (1977) observou que altura da planta, diâmetro da planta e peso da p. aérea foram os caracteres que mais contribuíram para a produção de raízes.

Com as informações disponíveis, várias alternativas podem ser esquematizadas para um processo de predição da produção de raízes (y em kg/planta). A alternativa mais simples estaria baseada em um único caráter, o diâmetro da planta (X_3 em metros). Para esta alternativa, a equação 3 forneceria:

$$y = -2,992 + 4,843 X_3 \quad (R^2 = 44\%)$$

Uma segunda alternativa envolveria os caracteres diâmetro da planta e peso da p. aérea. Neste caso, haveria necessidade de se cortar o caule e anotar o peso fresco da parte aérea em kg/planta. A equação nº 19 explicaria:

$$y = 1,427 + 2,659 X_3 + 0,520 X_4 \quad (R^2 = 57\%)$$

Observando-se a Tabela 9 verifica-se que para aumentar significativamente o R^2 há necessidade de se incluir o índice de colheita. Neste caso, seria preciso colher a planta, separar a parte aérea e subterrânea para obtenção do índice. Assim sendo, não haveria interesse prático em se predizer a produção de raízes, pois o seu valor já estaria determinado.

Maior valor de índice de colheita implicaria em parte aérea menos vigorosa e, conseqüentemente, em menor número de estacas por planta. O valor do índice de colheita não poderia ser muito alto, para não comprometer a multiplicação vegetativa necessária para atender aos novos plantios comerciais. A utilidade do índice de colheita estaria mais limitada aos programas que tivessem por objetivo a obtenção de genótipos com arquitetura apropriada para plantios com alta densidade populacional de plantas, na procura de maior rendimento de raízes por unidade de área. Sob alta densidade populacional, o número maior de plantas por unidade de área compensaria o menor crescimento da parte aérea, de maneira

que a produção de estacas seria normal. Em tal situação, os dois objetivos principais estariam atendidos: maior produção de raízes por unidade de área e produção de estacas em quantidade satisfatória para atender novos plantios comerciais.

Algumas sugestões podem ser oferecidas para melhorar a predição da produção de raízes, a saber:

- a. Estabelecer critério apropriado para avaliação do peso da p. aérea através de um sistema de notas visuais, no sentido de se evitar o corte da planta e a pesagem da parte aérea; tais notas visuais poderiam, inclusive, substituir o peso da parte aérea para o cálculo mais simples do índice de colheita;
- b. Incluir outros caracteres da parte aérea, não pesquisados neste estudo, e que também possam contribuir para explicar parte da produção de raízes; poderiam ser mencionados: número de ramos, número de ramificações, altura da planta em idades diferentes de desenvolvimento, diâmetro do caule; data de florescimento; número de flores; data da primeira ramificação;
- c. Estabelecer diferentes pesos relativos para os caracteres, na tentativa de se encontrar um índice global que estime melhor a produção de raízes por unidade de área, ou seja, o rendimento.

5. CONCLUSÕES

Os resultados discutidos permitem as seguintes conclusões relativas aos genótipos de mandioca estudados:

- a. Distribuição de raízes mostrou variabilidade quase nula e dificilmente pode ser alterada por seleção.
- b. Índice de colheita, altura da planta, peso da parte aérea e número de raízes exibiram níveis de variabilidade suficientes para a obtenção de progressos por seleção.
- c. Altura da primeira ramificação, diâmetro da planta e produção de raízes mostraram-se mais promissores para programas de hibridação visando-se exploração do vigor de híbrido.
- d. Distribuição, número e produção de raízes foram os caracteres com os maiores valores de correlações fenotípicas e genéticas entre si.

- e. Produção de raízes foi melhor explicada pela combinação de peso da p. aérea e índice de colheita.
- f. Peso da p. aérea e diâmetro foram os caracteres da parte aérea mais correlacionados com produção de raízes.
- g. Altura da primeira ramificação foi o único caráter que apresentou tendência de correlação negativa com produção de raízes.
- h. Magnitude da variabilidade e grau de associação com outros caracteres indicaram ser o índice de colheita de muita utilidade nos programas de melhoramento para maior produtividade de raízes.
- i. O genótipo SRT 1099-Taquari destacou-se pela elevada produção de raízes e por ter transmitido alta capacidade produtiva à sua progênie policruzada, fatos indicadores deste genótipo possuir alta frequência de alelos favoráveis à produção de raízes.
- j. A existência de genótipos com produção de raízes ao nível de 43,3 t/ha (50% superior ao melhor progenitor) indicou a potencialidade da população formada pelas progênies policruzadas, como fonte de material melhorado.
- k. O emprego combinado de policruzamentos e propagação vegetativa constituiu-se em procedimento apropriado para estimação de parâmetros que avaliam variabilidade e associa-

ções genéticas e fenotípicas entre caracteres durante a
síntese de uma população melhorada de mandioca.

6. LITERATURA CITADA

- ACOSTA, J.E., 1978. Estudios preliminares sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el Estado de Yucatán. Satalillo Coahuila, México, UAAAN. 143 p. (Tese de Graduación).
- ACOSTA, J.E., 1978a. Yuca. In: CERVANTES SANTANA, T. ed. *Recursos genéticos disponibles a Mexico*. Chapingo, Sociedad Mexicana de Fitogenetica A.C. - p. 139-143.
- ACOSTA, J.E., 1979. Informe de labores. Huimanguillo, Tabasco, INIA/CÍAGOC/CAEHUI.
- ACOSTA-ESPINOZA, J., 1983. Eficiência de policruzamentos para recombinação gênica e estimação de parametros genéticos em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Piracicaba, ESALQ/USP, 79 p. (Dissertação de Mestrado).

- ACOSTA-ESPINOZA, J., N.A. VELLO, P.S. MARTINS, J.O. LORENZI e E.S. NORMANHA, 1982. Síntese de uma população melhorada de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Relatório Científico do Departamento de Genética*, ESALQ/USP. Piracicaba, nº 16.
- AJUDARTE NETO, F., 1979. Seleção dentro de progênes de couve-brócolos ramosa de inverno (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). Piracicaba, ESALQ/USP, 108 p. (Tese de Doutorado).
- ALBUQUERQUE, M., 1969. *A mandioca na Amazônia*, Belém, Pará. SUDAM, 277 p.
- ALLARD, R.W., 1971. *Princípios de melhoramento genético das plantas*. São Paulo, Edgard Blücher, 381 p.
- ALMEIDA, F.C.G., R. de P. NUNES e F.E.C. NUNES, 1976. Produção de raízes de mandioca (*Manihot utilissima* Pohl.) em regime de suplementação hídrica e suas relações com produção de ramas. *Ciência Agronômica*. Fortaleza, 6: 31-34.
- ANSTEY, T.H., 1954. Self-incompatibility in green sprouting brocoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). I. Its occurrence and possible use in a breeding program. *Canadian Journal of Agriculture Science*. Ottawa, 34: 59-64.

- BAKER, L.H. e R.N. CURNOW, 1969. Choice populations size and use of variation between replicate populations in plant breeding selection programs. *Crop Science*. Madison, 9: 555-560.
- BARRIGA, R.H.M.P., 1980. Caracterização de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) com relação à produção e estabilidade. Piracicaba, ESALQ/USP, 129 p. (Dissertação de Mestrado).
- BELLOTTI, A.C., J.A. REYES, B. ARIAS e O. VARGAS, 1982. Insectos y acaros de la yuca y su control. In: DOMINGUES, C.E. *Yuca investigación, producción y utilización*. Cali, PNUD/CIAT. Cap. IV, p. 367-392,
- BIRADAR, R.S., P.G. RAGENDRAN e N. HRISNI, 1978. Genetic variability and correlation studies in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Root Crops*, New York, 4: 7-10. Apud, *Resumenes Analiticos sobre yuca (Manihot esculenta, Crantz)* CIAT 1980, V. VI, p. 123.
- BOX, G.E.P., 1954. Some theorems on Quadratic Forms Applied in the Study of Analysis of Variance Problems, I. *Annals Mathematical Statistics*, Ann Arbor, 25: 209-302.
- CARLSON, I.T., 1971. Randomness of mating in a polycross of orchardgrass, *Dactylis glomerata*. *Crop Science*. Madison, 11: 499-502.

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1974. *Informe Anual*, Cali, p. 58-118.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1975. *Informe Anual*, Cali, p. B-1-B-63.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1978. *Informe Anual*, Cali, p. A-1-A-110.
- CESNIK, R., 1972. Estudo da herdabilidade de alguns caracteres em cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/USP, 78 p. (tese de Doutorado).
- CHANDRARATNA, M.F. e K.D.S.S. NANAYAKKARA, 1948. Studies in cassava. II. The production of hybrids. *Tropical Agriculturist*, Peradenyra, 104: 59-74.
- COCK, J.H., 1978. Potencial agronomico para la producción de yuca. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Curso de producción de yuca*, Cali, Colombia, CIAT, v. 1. p. 31-39.
- COCK, J.H., 1982. Aspectos fisiologicos del crecimiento y desarrollo da planta de yuca, In: DOMINGUEZ, C.E. *Yuca investigación producción y utilización*. Cali, PNUD/CIAT. Cap. I, p. 51-74.
- CONCEIÇÃO, A.J. da, 1979. *A mandioca*. Cruz das Almas, UFBA/ EMBRAPA/BNB/BRASCAN/NORDESTE, 382 p.

- DANTÁS, J.L.L., 1984. Potencialidade de genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para programas de seleção no reconvencido Baiano. Piracicaba, ESALQ/USP, 105 p. (Dissertação de Mestrado).
- DAYAL, T.R., M.D. UPADHYA, V.P. MALHOTRA e K.L. MEHRA, 1972. Heritability and correlation in yield and other quantitative characters in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Indian Journal Agricultural Science*, Dehhi 42(6): 464-466.
- DOMINGUEZ, C.E., L.F. CEBALLOS e C. FUENTES, 1982. Morfologia da planta de yuca. In: DOMINGUEZ, C.E. *Yuca investigación producción e utilización*. Cali, PNUD/CIAT, Cap. I p. 27-49.
- DRAPER, N. e H. SMITH, 1966. *Applied regression analysis*. New York. John Wiley e Sons Inc. p. 163-262.
- ESTEVAO, E. de M., J.C.E.O. BEGAZO, S.S. BRANDAO e L.M. OLIVEIRA, 1972. Produção de raízes e ramas e relação entre caracteres da parte aérea e produção de raízes em variedades de mandioca. *Revista Ceres*, Viçosa, 19: 311-327.
- FALCONER, D.S., 1981. *Introduction Quantitative Genetics*. 2ª ed. New York, Logman Am. 340 p.
- FAO PRODUCTION YEARBOOK, 1982. Rome v. 36 p. 127-128. (FAO statistics series, nº 49).

- FONSECA, T.C., 1978. Estimaco de parametros visando a selecco de hbridos artificiais da amoreira (*Monus alba* L.). ESALQ/USP. 51 p. (Dissertaco de Mestrado).
- FREE, J.B., 1970. *Insect pollination of crops*. London, Academic Press. 544 p.
- FREEMAN, G.H., 1967. The use of cyclic balanced incomplete block designs for directional seed orchards. *Biometrics*, Raleigh, 23: 761-778.
- FUKUDA, W.M.G., 1979. Producco e selecco preliminar de novos hbridos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Congresso Brasileiro de Mandioca*. Cruz das Almas, BA, Barsil, 1: 535-545.
- FUKUDA, W.W.G., H.W.L. de CARVALHO, S. de O. e SILVA e R.C. CALDAS, 1983. Avaliaco de clones de mandioca no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, *Revista Brasileira de Mandioca*. Cruz das Almas, 2: 1-7.
- GAUR, P.C., KISHORE e P.K. GUPTA, 1978. Studies on character association in potatoes. *The Journal of Agricultural Science*, London, 90(part 1): 215-219.,
- GOMES, G., J. SANTOA e M. VALDIVIESO, 1982. Utilizaco de razes y productos de yuca en alimentaco animal. In: DOMINGUES, C.E. *Yuca investigaco producco y utilizaco*. Cali Colombia PNUD/C/AT. Cap. V, p. 539-566.

- GOWERS, S., 1974. The production of F₁ hibrid sweeds (*Brassica napus* spp *rapifera*) by the utilization of self-incompability. *Euphytica*. Wageningen, 23: 205-276.
- GRANER, E.A., 1942. Genética de *Manihot*. I, Hereditariedade da forma da folha e da coloração da película externa das raízes em *Manihot utilissima* Pohl, *Bragantia*. Campinas, 2(1): 13-22.
- GRANER, E.A., 1942a. Notas sobre florescimento e frutificação da mandioca. *Bragantia*, Campinas, 2(1): 1-12.
- GRANER, E.A., 1942b. Tratamento de mandioca pela colquicina. *Bragantia*, Campinas 2(2): 23-54.
- GRANER, E.A., 1946. Tratamento de mandioca pela colquicina. Análise comparativa entre clones diplóides e tetraplóides. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v. 3, p. 99-140.
- GULICK, P., C. HERSHEY e J. ESQUINAS ALCAZAR, 1983. *Genetic Resources of Cassava and Wild Relatives*, Rome, International Board for Plant Genetic Resources, 56 p.
- GUTIERREZ, M.G, e G.F. SPRAGUE, 1959. Randomness of mating in isolated polycross plantings of maize, *Genetics*. Austin, 44: 1075-1082.

- HAHN, S.K. e E. TERRY, 1973. *Cassava breeding at IITA*. In: DOMINGUES, C.E. *Yuca: investigación, producción y utilización*. Cali, PNUD/CIAT, 1982. Apud Hershey, C. e AMAYA, A. Genética, citogenética, estructura floral y técnicas de hibridación de la yuca. Cap. II, p. 113-126.
- HAHN, K., K. HOWLAND e R. TERRY, 1980. Correlated resistance of cassava to mosaic and bacterial blight diseases Nigeria. *Euphytica*. Wageningen, 29: 305-311.
- HANSON, W.D., 1963. Heritability. In: HANSON, W.D. e H.F. ROBINSON, Ed., *Statistical Genetics and Plant Breeding*. Washington, National Academic Science - National Research Council, p. 125-139.
- HEEMSTRA, S., 1955. The use of vegetative reproduction in the breeding of cross fertilizing plants. *Euphytica*. Wageningen, 4: 227-229.
- HERSHEY, C. e A. AMAYA, 1982. Genética, citogenética, estructura e técnica de hibridação de la yuca. In: DOMINGUEZ, C.E. *Yuca investigación producción y utilización*. Cali PNUD/CIAT. Cap. II, p. 113-126.
- HOLGUIN, F.M., M.A.L. URIAS, J.E. ACOSTA, V.W.L. GONZALEZ, F. A.L. IBARRA, A.R. MENDEZ, F.C. OCHOA, L.A. PASTRANA, P.B. RUIZ e J.P. VILALOBOS, 1981. Sabanera y costeña dos nuevas variedades de yuca para el tropica humedo de México. Hui-nanguillo, Tabasco, INIA/CIAGOC/CAEHUI. 9 p. (Folheto técnico, 1).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1957. *Enciclopédia dos municípios brasileiros*. Rio de Janeiro, v. 28, p. 57-58.

JENNINGS, D.J., 1970. Cassava in Africa. Apud Field crops abstracts, Famkam Royal 23(3): 271-278.

JOS, J.S. e N. HRISHI, 1976. Inheritance of leaf shape in cassava. *Journal Root Crops*, Truvandrum, 2: 10-12.

KAWANO, K., 1980. Cassava. In: *Hybridization of Crop Plants*. Madison, American Society of Agronomy. Cap. 13, p. 225-233.

KAWANO, K., 1982. Mejoramiento genético de yuca para productividad. In: DOMINGUEZ, C.E. *Yuca investigación producción y utilización*. Cali, PNUD/CIAT. Cap. II, p. 91-112.

KAWANO, K., A. AMAYA, P. DAZA e M. RIOS, 1978. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava, *Crop Science*, Madison, 18: 373-376.

KNOWLES, R.P., 1969. Nonrandom pollination in polycrosses of smooth brome grass, *Bromus inermis* Leyss. *Crop Science*. Madison, 9: 58-61.

LOZANO, J.C. e R.H. BOOTH, 1982. Enfermedades de la Yuca. In: DOMINGUEZ, C.E., *Yuca investigación producción y utilización*. Cali, PNUD/CIAT. Cap. IV. p. 421-461.

- MAITY, S. e B.N. CHATTERJEE, 1977. Growth attributes of potato and their interrelationship with yield. *Potato Research* Wageningen, 20: 337-41.
- MARIS, B., 1969. Studies on maturity, yield, under water weight and some other characters of potato progenies. *Euphytica* Wageningen, 18: 297-319.
- MARTINS, P.S. e N.A. VELLO, 1981. Performance and variability of agronomic characters in population of *Stylosanthes guaianensis* (Aubl.) Sw. In: SMITH, J.A. e V.W. HAYS. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14, Kentucky, 1981. *Proceedings*. p. 15-24.
- MATTOS, P.L.P. de, J.M.M. SAMPAIO e R.C. CALDAS, 1980. Competição de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) no município de Santa Terezinha - Bahia. Cruz das Almas, EMBRAPA/CNPMP. 6 p. (série comunicado técnico nº 12).
- MENDES, C.T., 1940. Contribuição para o estudo da mandioca. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Comércio do Estado de São Paulo. 88 p.
- MILLER, J.D. e N.I. JAMES, 1974. The influence of stalk density on cane yield, *Proceedings of the International Society of Sugar Cane technologists*, 15: 177-184.

- NESTEL, B., 1978. Utilização actual y potencial futuro de la yuca. In: Curso de Producción de Yuca. Cali, CIAT, v. 1, p. 1-29.
- NIEUWHOF, M., 1963. Pollination and contamination of *Brassica oleracea* L. *Euphytica*, Wageningen, 12: 17-26.
- NIEUWHOF, M., 1968. Possibilities of incompletely sib-incompatible inbred lines in breeding hybrid varieties of cole crops (*Brassica oleracea* L.). *Euphytica*, Wageningen, 17: 3-10.
- NIEUWHOF, M., 1969. *Cole crops*. London, Leonard Hill, 353 p. (World Crop Books).
- NORMANHA, E.S., 1971. O trabalho de melhoramento de mandioca do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. *O Agrônomo*. Campinas, 23: 91-100.
- NORMANHA, E.S. e A.S. PEREIRA, 1964. Cultura da mandioca. *Boletim. Instituto Agronômico de Campinas*, n. 124. 29 p.
- OLESEN, K., 1976. A completely balanced polycross design. *Euphytica*. Wageningen, 25: 485-488.
- OLESEN, K. e O.S. OLESEN, 1973. A polycross pattern formula. *Euphytica*, Wageningen, 22: 500-502.

- PAULA, J.F. de, 1976. Comportamento de variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), em Viçosa, Minas Gerais. Viçosa, UFV, 31 p. (Dissertação de Mestrado).
- PEREIRA, A.S. e J.O. LORENZI, 1975. Resultados obtidos com a pesquisa de melhoramento e seleção de variedades. In: Inventário de tecnologia em mandioca. Campinas, 30 p.
- PEREIRA, A.S., J.O. LORENZI, E.S. NORMANHA e J.R. SILVA, 1978. Fecundação cruzada no cultivar de mandioca Branca de Santa Catarina. *Bragantia*, Campinas, 37: 45-46.
- PINTO, L.R.M., A MIZUBUTI, J.C. SILVA, F.S. GUGLIELMELLI FILHO e R.F. EUCLIDES, 1982. Correlações entre caracteres agronômicos em batatinha (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, 29(163): 284-295.
- RAMALHO, M.A.P. e P.A. PEREIRA, 1979. Genética e melhoramento da mandioca. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 5 (59/60): 37-40.
- RIVERO, J.V., 1977. Estudo de algumas características da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em relação a produção inicial de raízes, Lavras, Minas Gerais. ESAL, 56 p. (Dissertação de Mestrado).
- ROBINSON, H.F., R.E. COMSTOCK e P.H. HARVEY, 1951. Genotypic correlations in corn and their implication in selection. *Agronomy Journal*. Madison, 43: 282-287.

SERA, T., 1980. Estimaco dos componentes da varincia e dos coeficientes de determinaco genotpica da produo de gros de caf (*Coffea arabica* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 62 p. (Dissertao de Mestrado).

SILVA, S. de O.C., 1977. Capacidade de produo e caractersticas de razes e ramas de 60 variedades de mandioca. Viosa, UFV, 47 p. (Dissertao de Mestrado),

SILVA, S. de O. e, W.M.G, FUKUDA, H.W.L, de CARVALHO e R.C. CALDAS, 1983. Estudo do comportamento de cultivares de mandioca no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, 2: 9-16.

STEEL, R.G. e J.H. TORRIE, 1980. Principles and procedures of statistics. 2ª Ed. Mc Graw-Hill, Book Company Inc. 633 p.

TINEO, J.R., 1977. Seleccin masal de yuca. *Revista de la Facultad de Agronomia de la Universidad de Zulia*. Maracaibo, 4(1): 23-29.

TOLEDO, A.P., 1963. Anatomia e desenvolvimento ontogentico da flor de mandioca. *Bragantia*, Campinas, 22(37): 465-476.

- TYSDAL, H.M. e B.M. CRANDALL, 1948. The polycross progeny performance as an index of the combining ability of alfafa clones. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, 40: 293-306.
- UMANAH, E.E. e R.W. HARTMANN, 1973. Chromosome numbers and karyotypes of some *Manihot* species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Mount Vernon, 98: 272-274.
- VELLO, N.A., 1977. Seleção dentro de progênies e recombinação por policruzamentos em couve-brócolos ramosa (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Pleck). Piracicaba, ESALQ/USP. 88 p. (Tese de Doutorado).
- VELLO, N.A. e R. VENCovsky, 1974. Variâncias associadas às estimativas de variâncias genéticas e coeficientes de herdabilidade. *Relatório Científico do Departamento de Genética*, ESALQ/USP, Piracicaba, 8: 238-248.
- VELLO, N.A. e R. VENCovsky, 1982. Ganho genético esperado com seleção dentro de progênies e recombinação por policruzamentos. In: *Conferência Internacional de Biometria*, 10. Guarujá, 1982. *Anais*. Brasília, EMBRAPA, p. 522-534.
- VIEGAS, A.P., 1976. *Estudos sobre a mandioca*. Campinas, IAC/BRASCAN/NORDESTE, 214 p.

- WELLENSIEK, S.J., 1952. The theoretical basis of the polycross test. *Euphytica*. Wageninge, 1: 15-19.
- WHYTE, R.O., T.R.G. MOIR e J.P. COOPER, 1968. *Grasses in Agriculture*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 417 p. (FAO Agricultural Studies, 42).
- WRIGHT, C.E., 1965. Field plants for a systematically designed polycross. *Record of Agricultural Research*. Belfast, 14: 31-41.
- ZACARIAS, C:A.B., 1977. Estimacão de parâmetros genéticos e fenotípicos em clones de cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.) e suas implicações no melhoramento. Piracicaba, ESALQ/USP, 82 p. (Dissertação de Mestrado),

TABELAS
E
APÊNDICE

TABELA 1. Esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise conjunta da variância, para obtenção de estimativas dos parâmetros genéticos, para progenitores e progênesis policruzadas. Blocos ao acaso e um local.

Fontes de variação	1/	GL	QM	1/	E (QM)	F
Experimentos (S)		S-1				
Progenitores (P)		P-1	Q_9	$1/K_h \sigma^2 + \sigma_e^2 + R\sigma_{sp}^2 + RS V_p$		$Q_9 : Q_6$
Progênesis (PP)		PP-1	Q_8	$1/K_h \sigma^2 + \sigma_e^2 + R\sigma_{spp}^2 + RS \sigma_{pp}^2$		$Q_8 : Q_5$
P vs PP (G)		G-1	Q_7	$1/K_h \sigma^2 + \sigma_e^2 + R\sigma_{sg}^2 + RS V_g$		$Q_7 : Q_4$
S x P		(S-1)(P-1)	Q_6	$1/K_h \sigma^2 + \sigma_e^2 + R\sigma_{sp}^2$		$Q_6 : Q_2$
S x PP		(S-1)(PP-1)	Q_5	$1/K_h \sigma^2 + \sigma_e^2 + R\sigma_{spp}^2$		$Q_5 : Q_2$
S x G		(S-1)(G-1)	Q_4	$1/K_h \sigma^2 + \sigma_e^2 + R\sigma_{sg}^2$		$Q_4 : Q_2$
Repetições/S		S(R-1)	Q_3	$1/K_h \sigma^2 + \sigma_e^2 + T\sigma_{r:s}^2$		$Q_3 : Q_2$
Resíduo		S(R-1)(P-1+PP-1+G-1)	Q_2	$1/K_h \sigma^2 + \sigma_e^2$		$Q_2 : Q_1$
Dentro		SR(P+PP)(K-1)	Q_1	σ^2		Q_1
Dentro (P)		SRP(K-1)	Q_{1p}	σ_{dp}^2		Q_{1p}
Dentro (pp)		SRPP(K-1)	Q_{1pp}	σ_{dpp}^2		Q_{1pp}

1/ Os quadrados médios de Q_2 a Q_9 foram obtidos ao nível de médias de parcelas.

Esta tabela também se aplica às análises de covariância, substituindo-se QM por PM e σ^2 por COV.

- continua -

TABELA 1. (continuação)

GL	=	número de graus de liberdade;
QM	=	quadrados médios;
E(QM)	=	esperança matemática dos quadrados médios;
F	=	teste de significância;
S	=	número de experimentos;
R	=	número de repetições;
P	=	número de progenitores;
PP	=	número de progênies policruzadas;
G	=	contraste entre grupos, ou seja, progenitores contra progênies policruzadas;
T	=	número de tratamentos = $P + PP$;
Q ₉	=	quadrado médio entre progenitores;
Q ₈	=	quadrado médio entre progênies policruzadas;
Q ₇	=	quadrado médio entre grupos;
Q ₆	=	quadrado médio da interação experimentos e progenitores;
Q ₅	=	quadrado médio da interação experimentos e progênies policruzadas;
Q ₄	=	quadrado médio da interação experimentos e grupos;
Q ₃	=	quadrado médio entre repetições dentro de experimentos;
Q ₂	=	quadrado médio residual;
Q ₁	=	quadrado médio entre plantas dentro de parcelas;
Q _{1p}	=	quadrado médio entre plantas dentro das parcelas de progenitores;
Q _{1pp}	=	quadrado médio entre plantas dentro das parcelas de progênies policruzadas;
V _p	=	componente quadrático da variação genotípica entre progenitores;
σ^2_p	=	variância genética entre progênies policruzadas = $(1/4)$ variância genética aditiva;
σ^2_{Vp}	=	componente quadrático da variação entre grupos;
σ^2_{sp}	=	variância da interação entre experimentos e progenitores;
σ^2_{spp}	=	variância da interação entre experimentos e progênies policruzadas;
σ^2_{sg}	=	variância da interação entre experimentos e grupos;
$\sigma^2_{T:s}$	=	variância de repetições dentro de experimentos;
σ^2_e	=	variância do erro experimental entre parcelas;
σ^2	=	variância entre plantas dentro de parcelas;
σ^2_d	=	variância ambiental entre plantas dentro de parcelas de progenitores;
σ^2_{dp}	=	variância fenotípica entre plantas dentro de parcelas de progênies policruzadas =
σ^2_{pp}	=	$(3/4)$ variância genética aditiva + variância genética dominante + σ^2_p
K_h	=	média harmônica do número de plantas por parcela.

TABELA 2. Valores e significâncias dos quadrados médios das análises conjuntas da variância de quatro experimentos, baseados em progenitores e progênicos policruzados, que expressam variabilidade para oito caracteres em mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1981/82.

FV a/	G.L.	Quadrados médios dos caracteres							
		Altura 1ª ramifi- cação	Altura da planta	Diâmetro da planta	Peso da folhagem	Índice de colheita	Distribuição de raízes	Número de raízes	Produção de raízes
Experimentos (S)	3	0,3064**	1,6311**	1,7324**	55,618**	0,08711**	0,0217 ^{ns}	12,309**	84,847**
Progenitores (P)	7	0,4232**	5,6856**	3,0590**	121,751**	0,15945**	0,1233**	2,976**	68,516**
Progênicos (PP)	7	0,1872**	0,8665**	0,5313**	25,501**	0,07542**	0,0427*	1,459**	14,102**
P vs PP (G)	1	1,9657**	2,9502**	10,0103**	255,472**	0,00069ns	0,1838**	0,125ns	256,948**
S x P	21	0,0088ns	0,0447ns	0,0607ns	2,354ns	0,00430ns	0,0160ns	0,161ns	3,324ns
S x PP	21	0,0192ns	0,0388ns	0,0388ns	1,664ns	0,00449ns	0,0228ns	0,145ns	2,518ns
S x G	3	0,0023ns	0,0035ns	0,0212ns	4,045ns	0,00435ns	0,0140ns	0,159ns	1,459ns
Repetições /s	36	0,0217*	0,2006**	0,1153**	9,123**	0,00983**	0,0300**	1,834**	6,794**
Resíduo	540	0,0153	0,0673	0,0657	3,003	0,00413	0,0164	0,196	3,776
Dentro	1055	0,0356 ^{b/}	0,1124	0,1175 ^{c/}	5,0807 ^{d/}	0,00687	0,0278	0,365 ^{e/}	6,792
Dentro P	561	0,0118 ^{e/}	0,0679 ^{e/}	0,0542	3,980	0,00498	0,0243 ^{e/}	0,262	5,265
Dentro PP	497	0,0625 ^{f/}	0,1624	0,1898 ^{f/}	6,323	0,00902	0,0316 ^{g/}	0,485 ^{f/}	8,529 ^{g/}
C.V. (%)		25,77	13,06	13,97	36,17	11,54	8,21	13,44	32,80
Média geral		0,48	1,99	1,83	4,790	0,56	1,557	3,297	5,924
K _h geral		2,5447	2,5279	2,5498	2,5668	2,5583	2,5481	2,5583	2,5686
K _h p		2,7273	2,7042	2,7866	2,7706	2,7626	2,7350	2,7586	2,7866
K _h pp		2,3851	2,3733	2,3674	2,3910	2,3821	2,3851	2,3851	2,3821

Unidade	m	m	m	kg/planta	Peso de raízes		kg/planta
					Peso total da planta	$\sqrt{x + 0,5}$ x:1(excelente) a 3 (ruim)	$\sqrt{x + 0,5}$ x:número de raízes

** : significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

* : significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

ns : não significativo.

a/ : As nove primeiras fontes de variação baseiam-se em médias de parcelas (ver Tabela 1).

b/ : GL = 1049

c/ : GL = 1052

d/ : GL = 1058

e/ : GL = 558

f/ : GL = 491

g/ : GL = 494

TABELA 3. Médias ^{1/} observadas para progenitores (P) e progênies policruzadas (PP), que expressam variabilidade para oito caracteres em mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1981/82.

Genótipos	Caracteres																
	Altura da 1ª ramificação (m)		Altura da planta (m)		Diâmetro da planta (m)		Peso da p. aérea kg/planta		Índice de colheita de raízes		Distribuição de raízes		Nº de raízes		Produção de raízes kg/planta		
	P	PP	P	PP	P	PP	P	PP	P	PP	P	PP	P	PP	P	PP	
									Peso total da planta		$\sqrt{x+0,5}$		$\sqrt{x+0,5}$		$\sqrt{x+0,5}$		
									x:1(excelente) a 3(mum)								
SRT 1- Vassourinha	0,36	0,50	1,54	1,75	1,52	1,53	2,746	3,060	0,63	0,59	1,62	1,61	3,27	3,10	4,260	4,580	
SRT 59 - B.S. Catarina	0,45	0,57	2,21	1,96	2,29	1,75	5,736	4,156	0,56	0,56	1,56	1,58	3,18	3,13	7,543	5,174	
IAC 12-829	0,38	0,54	1,90	1,87	1,93	1,63	5,022	3,471	0,59	0,56	1,48	1,61	3,24	3,09	7,200	4,455	
IAC 105-66 Caapora	0,62	-	2,65	-	2,08	-	6,438	-	0,50	-	1,57	-	3,22	-	6,325	-	
IAC 14-18	0,34	0,54	1,93	1,91	1,70	1,59	5,690	4,625	0,54	0,54	1,49	1,55	3,70	3,53	6,466	5,416	
SRT 1099-Taquari	0,50	0,58	2,27	2,05	2,16	1,81	6,396	4,710	0,58	0,55	1,49	1,53	3,74	3,59	8,660	6,113	
SRT 1139-Aipim Bravo	-	0,46	-	2,05	-	1,84	-	5,140	-	0,49	-	1,59	-	3,22	-	5,529	-
SRT 1105-Mico	0,30	0,44	1,60	1,67	1,78	1,69	3,204	3,317	0,63	0,64	1,61	1,53	2,95	3,34	5,637	5,987	
SRT 1198-Engana Ladrão	0,45	0,65	2,31	2,08	2,23	1,83	8,010	4,927	0,45	0,53	1,51	1,59	3,18	3,27	6,383	5,257	
Média	0,43	0,54	2,05	1,92	1,96	1,71	5,405	4,176	0,56	0,56	1,54	1,57	3,31	3,28	6,559	5,289	
Teste Tukey Δ 5%	0,04	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,537	0,537	0,02	0,02	0,04	0,04	0,14	0,14	0,602	0,602	
Teste de Tukey Geral Δ 5%	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,334	1,334	0,05	0,05	0,10	0,10	0,34	0,34	1,496	1,496	

^{1/} Médias de 120 plantas (4 experimentos x 10 repetições x 3 plantas/parcela).

TABELA 4. Limites ^{1/} inferior, superior e amplitude, dos caracteres altura da primeira ramificação, altura da planta, diâmetro da planta e peso da p. aérea, entre progenitores e progênies policruzadas em mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhomê, Piracicaba, SP. 1981/82.

Genótipos	Altura da primeira ramificação (m)			Altura da planta (m)			Diâmetro da planta (m)			Peso da parte aérea (kg)		
	Inf.	Sup.	Amplit.	Inf.	Sup.	Amplit.	Inf.	Sup.	Amplit.	Inf.	Sup.	Amplit.
Progenitores												
SRT 1-Vassourinha	0,20	0,65	0,45	1,30	2,50	1,27	1,15	2,53	1,38	1,810	11,350	9,534
SRT 59-B.S. Catarina	0,35	0,54	0,19	1,93	2,47	0,54	1,87	2,63	0,76	5,768	8,774	5,006
IAC 12-829	0,31	0,48	0,16	1,64	2,37	0,73	1,45	2,20	0,75	2,236	7,582	5,346
IAC 105-66 Caupora	0,40	0,95	0,55	2,26	3,03	0,76	1,63	2,30	0,68	3,144	10,056	6,912
IAC 14-18	0,25	0,45	0,20	1,63	2,20	0,58	1,38	1,93	0,55	3,254	9,239	5,935
SRT 1099-Taquari	0,43	0,65	0,22	1,81	2,68	0,86	1,78	2,45	0,68	3,768	9,262	5,494
SRT 1105-Mico	0,21	0,43	0,22	1,28	1,88	0,59	1,13	2,20	1,07	1,120	4,813	5,693
SRT 1198-Engana Ladrão	0,36	0,58	0,21	2,04	2,63	0,59	1,95	2,55	0,60	5,005	12,678	7,675
<i>Médias</i>	0,31	0,59	0,28	1,74	2,48	0,74	1,54	2,38	0,80	3,019	9,212	6,358
Progênies												
SRT 1-Vassourinha	0,30	1,06	0,76	1,02	2,78	1,76	1,05	2,13	1,07	1,135	8,024	6,889
SRT 59-S.B. Catarina	0,30	1,29	0,99	1,33	2,59	1,26	1,08	2,60	1,53	1,475	9,262	7,787
IAC 12-829	0,36	0,84	0,48	1,35	2,48	1,13	1,00	2,40	1,40	0,990	8,581	7,591
IAC 14-18	0,33	1,20	0,88	1,35	2,61	1,26	0,95	2,20	1,25	1,216	11,021	9,805
SRT 1099-Taquari	0,33	2,00	1,68	1,37	2,80	1,43	1,08	2,50	1,43	2,145	8,971	6,526
SRT 1139-Aipim Bravo	0,20	1,00	0,80	1,35	2,59	1,24	1,30	2,65	1,35	2,702	12,985	10,283
SRT 1105-Mico	0,30	0,64	0,34	1,29	2,19	0,90	1,16	2,28	1,11	1,827	7,480	5,653
SRT 1198-Engana Ladrão	0,31	2,60	2,29	1,58	2,88	1,31	1,30	2,60	1,30	1,703	12,621	10,918
<i>Médias</i>	0,30	1,33	1,03	1,33	2,61	1,29	1,12	2,42	1,31	1,649	9,531	8,182

^{1/} Baseados na distribuição de médias de quatro propágulos (um propágulo/experimento) obtidos de 30 plantas iniciais (10 repetições x 3 plantas/parcela).

TABELA 5. Limites ^{1/} inferior, superior e amplitude dos caracteres: índice de colheita, distribuição de raízes, número de raízes e produção de raízes, entre progenitores e progênies policruzadas em mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1981/82.

Genótipos	Índice de colheita Peso da raiz		Número de raízes $\sqrt{x + 0,5}$		Distribuição de raízes				Produção de raízes (kg)			
					$\frac{vx + 0,5}{x+3}$ (excelescente)							
	Peso total da planta											
	Inf.	Sup.	Amplit.	Inf.	Sup.	Amplit.	Inf.	Sup.	Amplit.	Inf.	Sup.	Amplit.
Progenitores												
SRT 1-Vassourinha	0,42	0,71	0,29	2,345	4,062	1,717	1,472	1,683	0,211	1,907	10,442	8,535
SRT 59-B.S.Catarina	0,42	0,59	0,17	2,864	4,037	1,173	1,369	1,696	0,327	4,097	11,066	6,969
IAC 12-829	0,49	0,65	0,16	2,646	4,099	1,453	1,458	1,658	0,200	3,746	10,908	7,162
IAC 105-66 Caapora	0,38	0,56	0,18	2,881	4,219	1,338	1,414	1,696	0,282	2,656	12,167	9,511
IAC 14-18	0,43	0,62	0,19	3,362	4,506	1,144	1,369	1,732	0,363	3,371	9,080	5,709
SRT 1099-Taquari	0,38	0,66	0,28	3,162	4,561	1,399	1,323	1,620	0,297	4,273	12,031	7,758
SRT 1105-Mico	0,56	0,71	0,15	2,074	3,606	1,532	1,472	1,768	0,296	2,543	8,172	5,629
SRT 1198-Engana Ladrão	0,32	0,52	0,20	2,881	3,937	1,056	1,323	1,768	0,445	3,382	9,863	6,481
Médias	0,43	0,63	0,20	2,777	4,128	1,352	1,400	1,703	0,323	3,247	10,466	7,212
Progênie												
SRT 1-Vassourinha	0,38	0,68	0,30	2,236	4,416	2,180	1,225	1,871	0,646	1,604	8,921	7,317
SRT 59-B.S.Catarina	0,43	0,67	0,24	2,236	4,980	2,744	1,369	1,802	0,433	1,135	12,304	11,169
IAC 12-829	0,42	0,67	0,25	2,121	4,827	2,706	1,275	1,837	0,562	1,748	11,180	9,432
IAC 14-18	0,37	0,70	0,33	2,646	4,899	2,253	1,323	1,768	0,445	1,249	11,146	9,897
SRT 1099-Taquari	0,35	0,67	0,32	3,162	4,472	1,310	1,323	1,871	0,548	1,226	10,684	9,458
SRT 1139-Aipim Bravo	0,42	0,67	0,25	2,345	4,301	1,956	1,354	1,871	0,517	2,293	10,904	8,671
SRT 1105-Mico	0,59	0,70	0,11	2,049	4,561	2,512	1,275	1,732	0,457	3,144	12,973	9,829
SRT 1198-Engana Ladrão	0,33	0,72	0,39	2,828	4,450	1,622	1,275	1,768	0,493	1,754	12,984	11,190
Médias	0,40	0,69	0,27	2,453	4,613	2,160	1,302	1,815	0,513	1,774	11,395	9,620

^{1/} Baseado na distribuição de médias de quatro propágulos (um propágulo por experimento) obtidas de 30 plantas iniciais (10 repetições x 3 plantas/parcela).

TABELA 6. Estimativas de parâmetros genéticos e erros associados; variância ambiental dentro de progenitores ($\sigma_{d_p}^2$), variância fenotípica dentro progênes polinizadas (σ_d^2), variância do erro experimental (σ_e^2), componente quadrático da variação genética entre progenitores (V_p), variância genética entre progênes (σ_{pp}^2), variância genética aditiva (σ_A^2), variância genética dominante (σ_{pp}^2). Oito caracteres de mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1981/82.

Caracteres	$\sigma_{d_p}^2 \pm s(\sigma_{d_p}^2)$	$\sigma_d^2 \pm s(\sigma_d^2)$	$\sigma_e^2 \pm s(\sigma_e^2)$	$\hat{V}_p \pm s(\hat{V}_p)$	$\sigma_{pp}^2 \pm s(\sigma_{pp}^2)$	$\sigma_A^2 \pm s(\sigma_A^2)$	$\sigma_D^2 \pm s(\sigma_D^2)$
Altura da 1ª ramificação	0,0118 $\pm$ 0,0007	0,0625 $\pm$ 0,0040	0,0013 $\pm$ 0,0011	0,0104 $\pm$ 0,0050	0,0042 $\pm$ 0,0022	0,0168 $\pm$ 0,0088	0,0581 $\pm$ 0,0110
Altura da planta	0,0679 $\pm$ 0,0041	0,1624 $\pm$ 0,0103	0,0228 $\pm$ 0,0045	0,1410 $\pm$ 0,0670	0,0207 $\pm$ 0,0102	0,0828 $\pm$ 0,0409	0,0524 $\pm$ 0,0320
Diâmetro da planta	0,0542 $\pm$ 0,0032	0,1398 $\pm$ 0,0121	0,0196 $\pm$ 0,0045	0,0750 $\pm$ 0,0361	0,0123 $\pm$ 0,0063	0,0493 $\pm$ 0,0251	0,0987 $\pm$ 0,0606
Peso da parte aérea	3,9803 $\pm$ 0,2372	6,3227 $\pm$ 0,4003	1,0236 $\pm$ 0,2264	2,9845 $\pm$ 1,2977	0,5959 $\pm$ 0,3008	2,5837 $\pm$ 1,0650	0,5527 $\pm$ 1,1015
Índice de colheita	0,0050 $\pm$ 0,0003	0,0090 $\pm$ 0,0000	0,0014 $\pm$ 0,0003	0,0039 $\pm$ 0,0019	0,0018 $\pm$ 0,0009	0,0071 $\pm$ 0,0036	-0,0015 $\pm$ 0,0026
Distribuição de raízes	0,0243 $\pm$ 0,0015	0,0316 $\pm$ 0,0020	0,0055 $\pm$ 0,0011	0,0027 $\pm$ 0,0015	0,0005 $\pm$ 0,0005	0,0020 $\pm$ 0,0020	0,0058 $\pm$ 0,0029
Número de raízes	0,2619 $\pm$ 0,0153	0,4832 $\pm$ 0,0308	0,0533 $\pm$ 0,0134	0,0704 $\pm$ 0,0351	0,0329 $\pm$ 0,0172	0,1314 $\pm$ 0,0689	0,1228 $\pm$ 0,0620
Produção de raízes	5,2630 $\pm$ 0,3137	8,5294 $\pm$ 0,5416	1,1318 $\pm$ 0,2297	1,6323 $\pm$ 0,8078	0,2946 $\pm$ 0,1671	1,1784 $\pm$ 0,6683	2,5829 $\pm$ 0,7896

TABELA 7. Estimativa de parâmetros genéticos e erros associados: coeficiente de determinação genotípica (b) para progenitores; coeficiente de herdabilidade no sentido restrito e ao nível de plantas individuais (H^2), para progênies policruzadas; grau médio de dominância (gmd); coeficiente de variação genética (CVg%). Oito caracteres de mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1981/82.

Caracteres	b $\pm$ s(b)	$H^2 \pm s(H^2)$	gmd	CVg%
Altura da 1ª ramificação	0,441 $\pm$ 0,126	0,247 $\pm$ 0,124	2,13	12,1
Altura da planta	0,609 $\pm$ 0,121	0,402 $\pm$ 0,141	0,89	7,5
Diâmetro da planta	0,504 $\pm$ 0,120	0,222 $\pm$ 0,108	2,00	6,5
Peso da parte aérea	0,374 $\pm$ 0,113	0,300 $\pm$ 0,141	0,63	18,5
Índice de colheita	0,376 $\pm$ 0,116	0,580 $\pm$ 0,251	0	7,6
Distribuição de raízes	0,083 $\pm$ 0,042	0,053 $\pm$ 0,006	2,41	1,4
Número de raízes	0,183 $\pm$ 0,075	0,231 $\pm$ 0,115	0,30	5,5
Produção de raízes	0,203 $\pm$ 0,065	0,118 $\pm$ 0,053	2,01	10,3

TABELA 8. Estimativas de coeficiente de correlações fenotípicas (r_F), ao nível de médias de progênies; genéticas (r_G), ao nível de médias de parcelas e "experimentais" (r_e) ao nível de médias de parcelas; para oito caracteres em mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP.

Caracteres	Correlação	AP	DP	PA	IC	DR ^{a/}	NR	PR
AR	r_F	0,630	0,307	0,412	-0,401	0,154	0,100	-0,087
	r_G	0,651	0,311	0,403	-0,396	0,207	0,115	-0,115
	r_e	0,397	0,034	0,137	-0,231	-0,070	0,051	-0,007
AP	r_F		0,750	0,896	-0,888	0,074	0,234	0,156
	r_G		0,768	0,918	-0,930	0,203	0,240	0,151
	r_e		0,540	0,703	-0,304	-0,242	0,241	0,468
DP	r_F			0,745	-0,543	-0,210	0,207	0,508
	r_G			0,765	-0,576	-0,241	0,225	0,521
	r_e			0,647	-0,004	-0,265	0,331	0,667
PA	r_F				-0,851	-0,182	0,469	0,394
	r_G				-0,885	-0,208	0,514	0,380
	r_e				-0,327	-0,286	0,322	0,702
IC	r_F					-0,323	-0,047	0,118
	r_G					-0,469	-0,028	0,087
	r_e					-0,126	0,146	0,316
DR ^{a/}	r_F						-0,855	-0,932
	r_G						-1,202	-1,245
	r_e						-0,282	-0,444
NR	r_F							0,807
	r_G							0,882
	r_e							0,457

AR = altura da primeira ramificação

IC = índice de colheita

AP = altura da planta

DR = distribuição de raízes

DP = diâmetro da planta

NR = número de raízes

PA = peso da parte aérea

PR = produção de raízes

^{a/} em função da avaliação através da escala de notas crescentes (1 a 3) no sentido da melhor para pior manifestação fenotípica, as correlações envolvendo o caráter distribuição de raízes (DR) tem interpretação inversa.

TABELA 9. Equações de regressão múltipla para produção como variável dependente (Y) e diferentes combinações de outros sete caracteres agrônômicos com base em médias de três plantas para 120 parcelas (8 progênies policruzadas x 10 repetições x 4 experimentos) em mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Ashembf, Piracicaba, SP, 1981/82.

$$\hat{Y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_7x_7$$

Número da Equação	Variáveis independentes (x)	Termo constante da equação (b ₀)	Altura da planta (x ₁) (b ₁)	Altura da planta (x ₂) (b ₂)	Diâmetro da planta (x ₃) (b ₃)	Peso da planta (x ₄) (b ₄)	Índice de colheita (x ₅) (b ₅)	Distribuição de raízes (x ₆) (b ₆)	Número de raízes (x ₇) (b ₇)	Coefficiente de determinação (R ²)
1	1	5,339	-0,093							0
2	2	-0,665		3,102						22
3	3	-2,992			4,843					44
4	4	2,015				0,784				49
5	5	0,736					8,184			10
6	6	16,976						-7,426		20
7	7	-0,117							1,646	21
8	1,2	-0,210		3,703						26
9	1,3	-0,106			4,847					45
10	1,4	1,252				0,092				45
11	1,5	0,014					8,602			10
12	1,6	17,318						-7,472		20
13	1,7	0,080							1,652	21
14	2,3	3,910		1,013	4,243					46
15	2,4	2,483		-0,329		0,823				49
16	2,5	-9,894		4,119			13,083			45
17	2,6	9,664		2,539				-5,876		34
18	2,7	3,866		2,519					1,316	35
19	3,4	1,427			2,659	0,520				57
20	3,5	-7,605			4,853		8,262			55
21	3,6	5,530			4,289			-4,813		52
22	3,7	-5,040			4,205				0,956	51
23	4,5	-7,725				1,008	15,829			83
24	4,6	9,555				0,669		-4,439		56
25	4,7	-0,648				0,691			0,929	55
26	5,6	12,294					6,839	-6,869		27
27	5,7	-3,350					6,601		1,513	27
28	6,7	10,042						-5,729	1,298	32
29	1,2,3	-3,659		1,261	4,080					46
30	1,2,4	2,569		0,105		0,787				50
Unidade			m	m	m	kg/planta	Peso do raiz total da planta	$\sqrt{x + 0,5}$ x: 1 (exce- lento) a 3 (ruim)	$\sqrt{x + 0,5}$ x: 1 (exce- lento) a 3 (ruim)	

- continua -

TABELA 9. continuação

Número da Equação	Variáveis independentes (x)	Termo constante da equação b_0	Altura da 1ª ramificação (x_1) b_1	Altura da planta (x_2) b_2	Diâmetro da planta (x_3) b_3	Peso p. aérea (x_4) b_4	Índice de colheita de raízes (x_5) b_5	Distribuição de raízes (x_6) b_6	Número de raízes (x_7) b_7	Coefficiente de determinação (R^2)
31	1,2,5	-9,198	-2,169	4,512			12,561			47
32	1,2,6	9,923	-2,867	3,122				-5,777		38
33	1,2,7	-3,362	-2,760	3,087					1,280	38
34	1,3,4	-0,913	-0,805		2,565	0,538				57
35	1,3,5	-8,622	1,237		4,877		8,827			56
36	1,3,6	5,605	-0,099		4,286			-4,824		52
37	1,3,7	-5,031	-0,017		4,205				0,956	51
38	1,4,5	-7,832	-0,145			1,007	15,889			83
39	1,4,6	10,189	-1,496			0,716		-4,504		57
40	1,4,7	0,028	-1,408			0,708			0,932	56
41	1,5,6	11,941	0,351				7,008	-6,824		27
42	1,5,7	-5,031	-0,017				0,956		4,205	51
43	1,6,7	10,453	-0,656					-5,779	1,304	32
44	2,3,4	-0,507		-0,756	2,780	0,597				58
45	2,3,5	-11,040		2,195	3,556		10,851			61
46	2,3,6	4,482		0,759	3,863			-4,609		53
47	2,3,7	-5,752		0,864	3,715				0,923	52
48	2,4,5	-8,155		0,265		0,977	15,915			83
49	2,4,6	10,116		-0,473		0,755		-4,492		56
50	2,4,7	-0,118		-0,379		0,736			0,932	55
51	2,5,6	-1,332		3,595			11,620	-4,284		51
52	2,5,7	-11,038		3,572			11,443		0,945	51
53	2,6,7	4,964		2,176				-4,691	1,075	42
54	3,4,5	-8,647			1,175	0,877	14,857			81
55	3,4,6	5,416			2,422	0,468		-3,953		62
56	3,4,7	-3,211			2,331	0,435			0,760	61
57	3,5,6	0,209			4,374		7,441	-4,154		60
58	3,5,7	-8,824			4,329		7,432		0,785	59
59	3,6,7	2,580			3,864			-4,071	0,764	56
60	4,5,6	-3,723				0,956	15,020	-2,119		84
61	4,5,7	-8,275				0,964	15,144		0,339	83
62	4,6,7	5,974				0,638		-3,710	0,759	60
63	5,6,7	6,442					5,875	-6,377	1,200	37
64	1,2,3,4	-0,413	-0,390	-0,629	2,714	0,593				58
65	1,2,3,5	-10,872	-0,440	2,319	3,474		10,797			62

- continua -

TABELA 9. continuação

Número da Equação	Variáveis independentes (x)	Termo constante da equação b_0	Altura da 1ª ramificação (x_1) b_1	Altura da planta (x_2) b_2	Diâmetro da planta parte aérea colheita (x_3) b_3	Peso da parte aérea colheita (x_4) b_4	Índice de distribuição de raízes (x_5) b_5	Distribuição de raízes (x_6) b_6	Número de raízes (x_7) b_7	Coefficiente de determinação (R^2)
66	1,2,3,6	-0,413	-0,390	-0,629	2,714			0,593		58
67	1,2,3,7	-5,482	-0,953	1,144	3,526				0,931	52
68	1,2,4,5	-8,150	-0,016	0,270		0,977	15,909			83
69	1,2,4,6	10,228	-1,477	-0,031		0,719		-4,506		57
70	1,2,4,7	0,030	-1,440	0,053		0,702			0,931	56
71	1,2,5,6	0,645	-2,164	3,988			11,101	-4,281		53
72	1,2,5,7	10,352	-2,097	3,960			10,958		0,934	53
73	1,2,6,7	5,346	-2,695	2,735				-4,633	1,044	45
74	1,3,4,5	-8,911	0,328		1,202	0,872	14,970			84
75	1,3,4,6	6,142	-0,964		2,306	0,489		-4,018		63
76	1,3,4,7	-2,657	-0,904		2,222	0,496			0,780	62
77	1,3,5,6	-0,759	0,874		4,406		7,866	-4,022		61
78	1,3,5,7	-9,565	0,956		4,366		7,899		0,756	59
79	1,3,6,7	2,741	-0,229		3,855			-4,093	0,768	56
80	1,4,5,6	-3,332	0,009			0,956	15,024	-2,118		84
81	1,4,5,7	-8,823	0,068			0,964	15,175		0,338	83
82	1,4,6,7	6,808	-1,498			0,653		-3,775	0,759	61
83	1,5,6,7	6,469	-0,079				5,914	-5,369	1,199	37
84	2,3,4,5	-8,716		0,048	1,165	0,873	14,881			84
85	2,3,4,6	6,570		-0,851	2,554	0,554		-4,022		63
86	2,3,4,7	-2,299		-0,747	2,452	0,552			0,769	62
87	2,3,5,6	-4,102		1,892	3,339		9,815	-3,437		65
88	2,3,5,7	-11,728		1,987	3,243		9,917		0,652	64
89	2,3,6,7	1,715		0,677	3,494			-3,908	0,746	57
90	2,4,5,6	-4,048		0,167		0,937	15,085	-2,091		84
91	2,4,5,7	-8,626		0,222		0,940	15,226		0,334	63
92	2,4,6,7	6,755		-0,491		0,695		-3,764	0,761	60
93	2,5,6,7	-3,332		3,224			10,490	-3,564	0,794	55
94	3,4,5,6	-4,772			1,126	0,833	14,121	-2,032		85
95	3,4,5,7	-9,071			1,102	0,847	14,318		0,296	85
96	3,4,6,7	3,013			2,189	0,439		-3,400	0,624	65
97	3,5,6,7	-1,821			4,019		6,887	-3,594	0,628	63
98	4,5,6,7	-4,524				0,925	14,538	-1,931	0,274	84
99	1,2,3,4,5	-8,845	0,372	-0,070	1,220	0,880	14,950			84
100	1,2,3,4,6	6,731	-0,514	-0,684	2,467	0,549		-4,043		63

- continua -

TABELA 9. continuação

Número da Equação	Variáveis independentes (x)	Termo constante da equação b_0	Altura da 1ª ramificação (x_1) b_1	Altura da planta (x_2) b_2	Diâmetro da planta (x_3) b_3	Peso da parte aérea (x_4) b_4	Índice de coleta (x_5) b_5	Distribuição de raízes (x_6) b_6	Número de raízes (x_7) b_7	Coefficiente de determinação (R^2)
101	1,2,3,4,7	-2,187	-0,522	-0,577	2,361	0,547			0,775	62
102	1,2,3,5,6	-3,838	-0,556	2,047	3,234		9,738	-3,463		65
103	1,2,3,5,7	-11,523	-0,558	2,143	3,136		9,838		0,659	64
104	1,2,3,6,7	2,049	-1,018	0,975	3,291			-3,931	0,753	57
105	1,2,4,5,6	-4,005	-0,108	0,198		0,934	15,048	-2,097		84
106	1,2,4,5,7	-8,606	-0,078	0,244		0,937	15,199		0,535	83
107	1,2,4,6,7	6,872	-1,467	-0,051		0,659		-3,779	0,760	61
108	1,2,5,6,7	-3,028	-2,105	3,612			10,001	-3,571	0,782	57
109	1,3,4,5,6	-4,968	0,190		1,143	0,830	14,195	-2,009		85
110	1,3,4,5,7	-9,263	0,249		1,124	0,844	14,415		0,290	85
111	1,3,4,6,7	3,752	-1,022		2,063	0,462		-3,462	0,632	65
112	1,3,5,6,7	-2,533	0,693		4,054		7,240	-3,504	0,611	63
113	1,4,5,6,7	-4,486	-0,042			0,925	14,518	-1,935	0,275	84
114	2,3,4,5,6	-4,697		-0,043	1,135	0,836	14,098	-2,039		85
115	2,3,4,5,7	-9,102		0,021	1,098	0,845	14,330		0,296	85
116	2,3,4,6,7	4,157		-0,830	2,321	0,524		-3,471	0,620	65
117	2,3,5,6,7	-5,531		1,759	3,108		9,176	-3,009	0,536	67
118	2,4,5,6,7	-4,790		0,140		0,910	14,597	-1,908	0,272	85
119	3,4,5,6,7	-5,408			1,073	0,812	13,752	-1,875	0,234	85
120	1,2,3,4,5,6	-4,828	0,270	-0,127	1,176	0,840	14,156	-2,019		85
121	1,2,3,4,5,7	-9,196	0,294	-0,071	1,143	0,850	14,395		0,290	85
122	1,2,3,4,6,7	4,323	-0,604	-0,634	2,215	0,517		-3,491	0,626	66
123	1,2,3,5,6,7	-5,247	-0,639	1,935	2,984		9,080	-3,033	0,543	67
124	1,2,4,5,6,7	-4,735	-0,150	0,183		0,906	14,543	-1,917	0,273	85
125	1,3,4,5,6,7	-5,542	0,137		1,085	0,811	13,810	-1,860	0,232	86
126	2,3,4,5,6,7	-5,310		-0,057	1,085	0,817	13,720	-1,883	0,235	86
127	1,2,3,4,5,6,7	-5,406	0,216	-0,127	1,118	0,821	13,772	-1,870	0,231	86

TABELA 10. Estimativas, obtidas ao nível de médias de parcelas de: soma de produtos $SP_{pp(xy)}$, produto médio $PM_{pp(xy)}$, covariância $Cov_{pp(xy)}$ e covariância aditiva $Cov_{A(xy)}$ para progênies policrozadas e soma de produtos $SP_{spp(xy)}$ e produto médio $PM_{spp(xy)}$, para interação experimentos x progênies policrozadas. Oito caracteres em mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1981/82.

		$SP_{pp(xy)}$	$SP_{spp(xy)}$	$PM_{pp(xy)}$	$PM_{spp(xy)}$	$Cov_{pp(xy)}$	$Cov_{A(xy)}$
AR	AP	1,7756	6,2359	0,2537	0,0112	0,00606	0,02424
	DP	0,6773	0,1523	0,0968	0,0073	0,00224	0,00895
	PF	6,2995	1,9516	0,8999	0,0929	0,02017	0,08070
	IC	-0,3338	-0,0902	-0,0477	-0,0043	-0,00108	-0,00434
	DR	0,0966	0,0380	0,0138	0,0018	0,00030	0,00120
	NR	0,3654	-0,0401	0,0522	-0,0019	0,01360	0,00541
	PR	-0,1010	0,0847	-0,1573	0,0040	-0,00403	-0,01613
AP	DP	3,5619	0,3835	0,5088	0,0183	0,01226	0,04906
	PF	29,4934	2,8619	4,2134	0,1363	0,10193	0,40771
	IC	-1,5900	-0,0402	-0,2272	-0,0019	-0,00563	-0,02252
	DR	0,0992	-0,2487	0,0142	-0,0118	0,00650	0,00260
	NR	1,8429	0,2767	0,2633	0,0132	0,00625	0,02501
	PR	3,8064	1,5357	0,5438	0,0731	0,01177	0,04706
DP	PF	19,1869	2,5228	2,7410	0,1201	0,06558	0,26209
	IC	-0,7606	-0,0224	-0,1087	-0,0011	-0,00269	-0,01076
	DR	-0,2211	-0,1613	-0,0316	-0,0077	-0,00060	-0,00239
	NR	1,2777	0,0266	0,1825	0,0013	0,00453	0,01813
	PR	9,7343	2,8597	1,3906	0,1362	0,03136	0,12544
P A	IC	-8,2641	-0,6336	-1,1809	-0,0302	-0,02876	-0,11504
	DR	-1,3269	-0,9773	-0,1896	-0,0465	0,00358	-0,01430
	NR	20,0385	-0,2808	2,8626	-0,0134	0,07190	0,28760
	PR	-52,3591	23,3106	-7,4799	1,1100	0,15925	0,63698
IC	DR	-0,1282	-0,0147	-0,0183	-0,0007	-0,00044	-0,00176
	NR	-0,1098	0,1471	-0,0156	-0,0070	-0,00057	-0,00227
	PR	0,8527	0,8796	0,1218	0,0419	0,00200	0,00799
DR	NR	-1,4926	-0,3932	-0,2132	-0,0187	-0,00486	-0,01945
	PR	-5,0635	-1,5087	-0,7234	-0,0718	-0,01629	-0,06515
NR	PR	25,6156	3,8935	3,6594	0,1854	0,08685	0,34740

AR = altura da primeira ramificação
 AP = altura da planta
 DP = diâmetro da planta
 PA = peso da parte aérea

IC = índice de colheita
 DR = distribuição de raízes
 NR = número de raízes
 PR = produção de raízes

TABELA 11. Estimativas de variância entre plantas dentro de parcelas (s_d^2) de quatro experimentos, que estimam variância ambiental dentro de progenitores e variância fenotípica dentro de progênies polinizadas para oito caracteres em mandioca, dez meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP, 1981/82.

Cenótipos	s^2 (GL)					
	Altura 1ª ramificação ($10^3 s_d^2$)		Altura da planta ($10^3 s_d^2$)		Diâmetro da planta ($10^3 s_d^2$)	
	progenitores	progênies	progenitores	progênies	progenitores	progênies
SRT 1-Vassourinha	1406 (26)	2170 (57)	1046 (26)	11635 (58)	2110 (26)	9335 (57)
SRT 59-B.S. Catarina	595 (72)	5905 (75)	6683 (72)	10612 (76)	3957 (73)	15879 (75)
IAC 12-829	475 (80)	1818 (63)	5843 (80)	9513 (63)	3973 (80)	11514 (63)
IAC 105-66-Caipora	1961 (75)		8805 (75)		5215 (76)	3726 (76)
IAC 14-18	541 (77)	5255 (76)	3750 (77)	13563 (76)	4121 (78)	13837 (76)
SRT 1099-Taquari	690 (76)	7810 (75)	4248 (76)	16316 (76)	3605 (76)	10610 (75)
SRT 1139-Alpim Bravo		1903 (32)		3048 (33)		6783 (32)
SRT 1105-Mico	434 (72)	628 (48)	2714 (72)	5598 (49)	4475 (72)	8225 (48)
SRT 1198-Ingana Ladrão	425 (80)	5228 (65)	4790 (80)	10403 (66)	3921 (80)	16791 (65)
Ceral	6608(558)	30717(491)	37880(558)	80709(497)	31377(561)	92074(491)
						22367(561)
						31379(497)
Cenótipos	Índice de colheita ($10^4 s_d^2$)		Distribuição de raízes ($10^3 s_d^2$)		Número de raízes ($10^2 s_d^2$)	
	progenitores		progenitores		progenitores	
	progenitores	progênies	progenitores	progênies	progenitores	progênies
SRT 1-Vassourinha	1032 (26)	6778 (58)	625 (26)	1695 (57)	749 (26)	3639 (57)
SRT 59-B.S. Catarina	7067 (73)	6432 (76)	1570 (72)	2796 (75)	1853 (73)	4242 (75)
IAC 12-829	3464 (80)	3272 (63)	2333 (80)	1636 (65)	2118 (80)	3277 (63)
IAC 105-66 Caipora	5108 (76)		1897 (75)		1845 (76)	
IAC 14-48	3328 (78)	3881 (76)	1825 (77)	2031 (76)	3073 (78)	4303 (76)
SRT 1099-Taquari	1687 (76)	7370 (76)	1998 (76)	2006 (76)	2175 (76)	2098 (75)
SRT 1139 - Alpim Bravo		4349 (33)		1481 (32)		1561 (32)
SRT 1105-Mico	3496 (72)	1853 (49)	1173 (72)	1894 (49)	1382 (72)	1715 (48)
SRT 1198-Ingana Ladrão	2718 (80)	10603 (66)	2350 (80)	2170 (66)	1503 (80)	3090 (65)
Ceral	27890(561)	44539(497)	13571(558)	15710(494)	14697(561)	23726(491)
						29524(561)
						42125(494)

APÊNDICE 1. Temperaturas máximas, mínimas, médias e precipitação, durante o período experimental. Estação Experimental de Anhembi ^{1/}, Piracicaba, SP. 1981/1982.

Mês	temperatura (°C)			precipitação	
	máxima	mínima	média	mm	dias
Setembro/1981	31,8	19,4	25,6	15,4	2
Outubro	28,4	18,9	23,6	272,4	11
Novembro	30,7	21,2	26,0	165,2	12
Dezembro	29,5	18,7	24,1	234,2	13
Janeiro/1982	29,4	17,6	23,6	223,3	13
Fevereiro	32,3	19,2	25,7	308,8	13
Março	29,5	18,6	24,0	114,4	9
Abril	26,9	14,0	20,5	73,2	3
Maio	25,8	11,3	18,5	68,8	5
Junho	25,4	13,6	19,5	164,2	9
Julho	25,1	11,7	19,0	35,4	5
Média geral	28,6	16,7	22,7		
Total				1.675,3	95

^{1/} Dados fornecidos pela Seção de Agroclimatologia do Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar, IAA, Planal sucar. Anhembi, São Paulo.

APÊNDICE 2. Análise química do solo da Estação Experimental de Anhembi ^{1/}, Piracicaba, SP.

Local	N(%)	CO(%)	PH(H ₂ O)	teor trocável, em milequivalentes/100 ml de terra				
				PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺
Anhembi	0,14	1,02	4,8	0,08	0,32	0,62	0,37	1,61

^{1/} Análises realizadas pelo Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP/SP.