

Melhoramento da cana-de-açúcar  
2004 LV-2005.00105



CNPMA-5395-1

# Melhoramento da Cana-de-açúcar

Roberto Cesnik  
Jacques Miocque

Embrapa

61

.00105





**Roberto Cesnik** diplomou-se engenheiro agrônomo pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), da Universidade de São Paulo, Campus de Piracicaba, em 1960, onde também, em 1973, obteve o título de Doutor em Agronomia. Estagiou como pós-doutorado (1993-1994) na The University of Georgia, Georgia Experiment Station, Griffin, GA, USA.

Atuou no programa de melhoramento das variedades IG do Instituto de Genética da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz e desenvolveu o programa de melhoramento das variedades RB para a Região Sudeste do Brasil, no Planalsucar, Araras, SP.

Possui mais de 50 trabalhos publicados em revistas especializadas e em congressos científicos da área agrônômica e cerca de 60 certificados de cursos de especialização.

É membro da Sociedade Brasileira de Genética, da Sociedade Entomológica do Brasil e membro fundador da Sociedade de Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil.

Participou de Congressos Internacionais sobre cana-de-açúcar na África do Sul, Brasil e Filipinas. Em 1960, recebeu o Primeiro Prêmio Edmundo Navarro de Andrade (Esalq); em 1980, foi agraciado com a Plaque of Appreciation (Filipinas) e em 2003 recebeu o título de Cidadão Ararense (Araras, SP).

Atualmente, é pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, SP onde desenvolve trabalhos no controle biológico de insetos com fungos entomopatogênicos.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
Roberto Rodrigues  
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Conselho de Administração

# Melhoramento da Cana-de-açúcar

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Conselho de Administração  
Roberto Rodrigues  
Ministro

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

**República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*  
Presidente

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Roberto Rodrigues*  
Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Conselho de Administração**

*José Amauri Dimázio*  
Presidente

*Clayton Campanhola*  
Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*  
*Hélio Tollini*  
*Ernesto Paterniani*  
Membros

**Diretoria-Executiva**

*Clayton Campanhola*  
Diretor-Presidente

*Gustavo Kauark Chianca*  
*Herbert Cavalcante de Lima*  
*Mariza Marilena T. Luz Barbosa*  
Diretores-Executivos

**Embrapa Meio Ambiente**

*Paulo Choji Kitamura*  
Chefe-Geral

**Embrapa Informação Tecnológica**

*Fernando do Amaral Pereira*  
Gerente-Geral

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**  
**Embrapa Meio Ambiente**  
**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# Melhoramento da Cana-de-açúcar

Melhoramento da cana-de-açúcar

2004

LV-2005.00105



5395-1

*Roberto Cesnik*  
*Jacques Miocque*



**Embrapa Informação Tecnológica**

**Brasília, DF**

**2004**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica – PqEB – Av. W3 Norte (final)  
Caixa Postal 040315  
CEP 70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 340-9999  
Fax: (61) 340-2753  
vendas@sct.embrapa.br  
www.sct.embrapa.br

CLASS.	631.52361
CUTTER	C421m
TOMBO	2005.00105

**Embrapa Meio Ambiente**

Rodovia SP 340, Km 127,5, Tanquinho Velho  
Caixa Postal 69  
CEP 13820-970 Jaguariúna, SP  
Fone: (19) 3867-8750  
Fax: (19) 3867-8740  
sac@cnpmma.embrapa.br  
www.cnpmma.embrapa.br/public

**Embrapa Informação Tecnológica**

Coordenação editorial: *Lillian Alvares e Lucilene Maria de Andrade*  
Revisão de texto e tratamento editorial: *Raquel Siqueira de Lemos*  
Normalização bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme e Daui Antunes Corrêa*  
Projeto gráfico e editoração eletrônica: *Júlio César da Silva Delfino*  
Tratamento das ilustrações: *Júlio César da Silva Delfino*  
Capa: *Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

**Foto da capa**

*Roberto Cesnik*

**1ª edição**

1ª impressão (2004): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.160).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP  
Embrapa Informação Tecnológica

Cesnik, Roberto.

Melhoramento da cana-de-açúcar. / Roberto Cesnik, Jacques Miocque. –  
Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2004.  
307 p. ; il. ; 22 cm.

ISBN 85-7383-282-7

1. Agricultura. 2. Cana-de-açúcar – Brasil. 3. Citogenética. 4. Cultivo.  
5. Fisiologia. 6. Melhoramento genético vegetal. 7. Produção. 8. Variedade.  
I. Miocque, Jacques. II. Embrapa Meio Ambiente. III. Título.

CDD 631.52361

© Embrapa 2004

# **Autores**

---

## **Roberto Cesnik**

Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal, 69, CEP 13820-970, Jaguariúna, SP, Fone: (19) 3867-8774, Fax: (19) 3867-8740, cesnik@cnpma.embrapa.br

## **Jacques Miocque**

Engenheiro agrônomo, Rua Regina Badra 125, CEP 04641-000, São Paulo, SP, Fone: (11) 5694-0252.



# Dedicatória

---

Somos gratos a todos os que contribuíram de uma forma ou de outra para que esta obra viesse à lume e, mais particularmente, a seguintes pessoas: João Lúcio de Azevedo, Norma Takayama Shisumeci, Maria Amélia de Toledo Leme, Regina Lúcia Siebert Rodrigues, Nilce Chaves Gattaz, Camilla Oresco dos Santos, Márcio Frighi de Sales Barbosa, Gilberto Nicolletti, Cristina Torrin, Luis Alberto Henriques, Gersio Montessor, João Otávio Filho, Ricardo de Castro Mamede, Robinson Stoff, Lucilene Maria de Andrade e José Batista Dantas.

Gostamos de salientar o apoio que nos foi dado pelo Grupo Malzoni, representado pelos irmãos Roberto Malzoni e Eduardo Malzoni, durante os anos de pesquisas e observações que foram feitas nas Usinas Santa Pé e Santa Lúcia, de propriedade da empresa.

Agradecer ainda o apoio dado por Infante Biopro-Jules e Agnô de Haquier, que co-participaram a impressão desta obra em parceria com a Embraer Informação Tecnológica e a Embraer Meio Ambiente, nas pessoas de Geraldo Saubert Rodrigues e Artovaldo Luchini Junior, pelo apoio e compreensão em todos os momentos.

Um agradecimento especial às nossas esposas, Celta Stoff Cesnik e Ingrid Micoque, e aos nossos filhos Carlos Eduardo Stoff Cesnik, Paulo Henrique Stoff Cesnik, George Micoque Stankovitz, Christine Micoque e Richard Micoque, que estiveram em todos os momentos ao nosso lado, durante os longos anos da nossa jornada acadêmica, nos incentivando e colaborando conosco, particularmente quando, nas horas em que deveríamos estar em casa junto deles, estávamos trabalhando nesta obra, muitas vezes até altas horas da noite. Por fim, eles que, com paciência e com palavras de otimismo,

Este livro é dedicado a todos os que fazem parte do setor sucroalcooleiro brasileiro.



# Agradecimentos

---

Somos gratos a todos os que contribuíram de uma forma ou de outra para que esta obra viesse a lume e, mais particularmente, às seguintes pessoas: João Lúcio de Azevedo, Norma Takayama Musumeci, Maria Amélia de Toledo Leme, Regina Lúcia Siewert Rodrigues, Nilce Chavez Gattaz, Camila Oresco dos Santos, Márcio Funghi de Salles Barbosa, Gilberto Nicolella, Cristina Tordin, Luiz Alberto Henriques, Gersio Montresor, João Giro Filho, Ricardo de Queiroz Mamede, Rubismar Stolf, Lucilene Maria de Andrade e José Batista Dantas.

Gostaríamos de salientar o apoio que nos foi dado pelo Grupo Malzoni, representado pelos irmãos Roberto Malzoni e Eduardo Malzoni, durante os anos de pesquisas e observações que foram feitas nas Usinas Santa Fé e Santa Luiza, de propriedade da empresa.

Agradecer ainda o apoio dado por Itaforte Bioprodutos e Açúcar Itaquerê, que co-patrocinaram a impressão desta obra em parceria com a Embrapa Informação Tecnológica e a Embrapa Meio Ambiente, nas pessoas de Geraldo Stachetti Rodrigues e Ariovaldo Luchiari Júnior, pelo apoio e compreensão em todos os momentos.

Um agradecimento especial às nossas esposas, Clelia Stolf Cesnik e Irmtrud Miocque, e aos nossos filhos Carlos Eduardo Stolf Cesnik, Paulo Henrique Stolf Cesnik, Corine Miocque Standersky, Christine Miocque e Richard Miocque, que estiveram em todos os momentos ao nosso lado, durante os longos anos da nossa jornada agrônômica, nos incentivando e colaborando conosco, particularmente quando, nas horas em que deveríamos estar em lazer junto deles, estávamos trabalhando nesta obra, muitas vezes até altas horas da noite. Foram eles que, com paciência e com palavras de otimismo, acalentaram o nosso ideal de proporcionar ao leitor uma parcela dos nossos conhecimentos práticos e teóricos.



# Apresentação

---

Com a crise do petróleo e a emergência de novas fontes de energia, a cana-de-açúcar ganha destaque dada as possibilidades reais do etanol no mercado de energias renováveis. Nesse sentido, a experiência brasileira é emblemática ao implementar, nos anos 80, o Proálcool, um programa pioneiro de produção de álcool carburante voltado para abastecer a frota automotiva nacional, tanto para adição na gasolina quanto para abastecimento de motores exclusivos a álcool. Uma verdadeira revolução na cadeia produtiva da cana-de-açúcar que teve como âncora a sólida base científica construída desde os anos 60 com programas de pesquisa como os da Copersucar e do Planalsucar.

*Melhoramento da Cana-de-açúcar* conta, a partir da visão privilegiada de dois pesquisadores, protagonistas diretos da evolução dos principais programas de melhoramento, parte dessa história: a pesquisa em cana-de-açúcar no Brasil desde os anos 60 até o início dos 90. Nesse período, a cultura mereceu atenção especial na estratégia de comércio exterior: como geradora de divisas de exportação ou ainda como substituta de importações. Certamente, um investimento decisivo para a atual competitividade que tanto o álcool quanto o açúcar brasileiro detêm no mercado internacional.

Nos primeiros capítulos do livro, os autores contam um pouco da história da cana-de-açúcar no Brasil e apresentam as suas principais características botânicas e agrônômicas, bem como aspectos relacionados à identificação de variedades. Nos capítulos seguintes, tratam de aspectos ligados à fisiologia da planta, da multiplicação vegetativa, as fases de crescimento, maturação, dos aspectos nutricionais, da floração e também da influência do vento no manejo da planta.

Nos capítulos centrais, os autores tratam com detalhes os métodos de melhoramento da cana-de-açúcar, as suas características reprodutivas, os materiais genéticos e a coleção de variedades utilizados nos cruzamentos, bem como a filosofia de melhoramento. Além disso, discorrem também sobre problemas citogenéticos relacionados ao melhoramento, às especificidades e aos procedimentos

relacionados aos cruzamentos e às etapas subseqüentes, bem como os métodos estatísticos utilizados para a análise dos resultados.

Os autores finalizam a obra contando um rápido histórico de contribuição dos principais programas de pesquisa em cana-de-açúcar no período relatado: Programa da Copersucar, Programa do Instituto de Genética da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Esalq/USP - e Planalsucar.

Assim, *Melhoramento da Cana-de-açúcar*, além de trazer um relato dos principais resultados obtidos pelos programas de pesquisa até meados de 90, constitui-se em importante registro histórico da experiência de sucesso que é a cadeia de produção sucroalcooleira da cana-de-açúcar. História essa que nos tempos contemporâneos passa a incluir inovações como a co-geração de energia.

*Paulo Choji Kitamura*

Chefe-Geral da Embrapa Meio Ambiente

# Prefácio

---

A agricultura brasileira desempenha um papel importante no desenvolvimento do País, gerando emprego, renda e divisas. Nesse contexto está inserida a cana-de-açúcar, matéria-prima para a fabricação do açúcar e do álcool, além de outros subprodutos, tendo nos colocado como líder mundial no setor. A cana-de-açúcar está ligada diretamente à própria história e desenvolvimento do Brasil.

Apesar de, em épocas passadas, os preços internacionais e nacionais terem desestimulado esse setor do agronegócio, e de muitos agricultores terem reduzido o manejo cultural, diminuindo com isso a sua produção, atualmente a taxa interna de retorno tem aumentado significativamente, fazendo com que o setor tenha um novo impulso.

Historicamente, as diferentes variedades de cana-de-açúcar, depois de alguns anos de cultivo contínuo, se degeneram, por causas ainda desconhecidas, necessitando ser substituídas por outras. Isso tem acontecido em todos os países produtores. Nesse contexto, o melhoramento dessa cultura assume uma importância muito grande e nela se insere o aparecimento deste livro, que dá as diretrizes do seu melhoramento genético.

*Melhoramento da Cana-de-açúcar* reúne não só o largo conhecimento adquirido por seus autores no decorrer de suas pesquisas no melhoramento dessa cultura, como também o que de mais importante, considerado por eles, na literatura nacional e internacional. Assim, o primeiro capítulo aborda o histórico dessa cultura e como ela chegou ao Brasil. As variedades botânicas e diferentes cultivares têm uma abordagem toda especial. Os autores incluem, nesse capítulo, a descrição da planta, por meio de caracteres adotados por autores de outros países. A fisiologia tem um capítulo assim como os aspectos agronômicos do crescimento e maturação. Um capítulo é dedicado aos métodos de melhoramento de maneira geral, um outro, ao melhoramento da cana-de-açúcar e outro, a alguns programas de melhoramento desenvolvidos no Brasil. Um capítulo enfatizando os problemas citogenéticos e outro, os princípios básicos da estatística experimental, ajudam os técnicos a dirimir dúvidas.

Um capítulo detalhando o processo prático da condução de um programa desde a semente até a obtenção de uma variedade é escrito com riqueza de detalhes.

Enfim, é importante salientar que o melhoramento genético da cana-de-açúcar é a maneira mais tradicional de se aumentar a produtividade da cultura tanto em toneladas por hectare como no teor de açúcar, e esta obra dá as diretrizes necessárias para que isso aconteça.

*João Lúcio de Azevedo*

Ex-diretor da Esalq/USP

Ex-presidente da Sociedade Brasileira

De Genética, Biênios: 84-86 e 96-98

# Sumário

---

<b>Introdução</b> .....	19
<b>Capítulo 1 – Histórico</b> .....	23
<b>Capítulo 2 – Botânica</b> .....	31
Classificação .....	31
Descrição da Planta .....	34
Identificação das Variedades .....	47
<b>Capítulo 3 – Fisiologia</b> .....	51
Multiplicação Vegetativa .....	51
Crescimento .....	61
Maturação .....	64
Necessidades .....	69
Floração .....	80
Influência do Vento .....	86
<b>Capítulo 4 – Métodos de Melhoramento</b> .....	99
Variedades Autógamas .....	100
Variedades Alógamas .....	101
Filosofias Básicas do Melhoramento da Cana-de-açúcar .....	102
<b>Capítulo 5 – Problemas Citogenéticos</b> .....	117
Número de Cromossomos .....	118
Origem das Espécies .....	119
Cruzamentos Interespecíficos .....	121
Cruzamentos Intergenéricos .....	124
Autofecundação .....	125
Partenogênese .....	127
Mecanismos de Incompatibilidade .....	128
Macho-esterilidade .....	129
<b>Capítulo 6 – Cruzamentos</b> .....	131
Seleção de Progenitores .....	132

Características da Área de Cruzamento .....	134
Coleção de Variedades para Cruzamentos .....	138
Características de um Progenitor .....	143
Um Pouco da História da NA 56-79 .....	145
Bancos Internacionais de Germoplasma .....	145
Tipos de Cruzamentos .....	148
Procedimentos Utilizados nos Cruzamentos .....	155
<b>Capítulo 7 – Da Semente à Variedade .....</b>	<b>159</b>
Sementes .....	159
Caixas para Semeadura .....	163
Semeadura .....	166
Germinação .....	168
Repicagem .....	171
Transplante em FT1 .....	176
Seleção dos Progenitores .....	185
Procedimentos da Seleção .....	187
Campos de Multiplicação .....	198
Variedade .....	198
Eficiência das Seleções .....	200
<b>Capítulo 8 – Crescimento e Maturação .....</b>	<b>203</b>
Crescimento da Cana-de-açúcar .....	203
<b>Capítulo 9 – Estatística Experimental .....</b>	<b>223</b>
Princípios Básicos da Experimentação em Cana-de-açúcar .....	224
Delineamentos Estatísticos .....	229
Repetibilidade .....	235
Herdabilidade .....	235
Correlações .....	237
Resposta Correlacionada à Seleção .....	238
Progresso Esperado na Seleção .....	239
<b>Capítulo 10 – Programas de Melhoramento .....</b>	<b>241</b>
Programa da Copersucar .....	241
Programa da Estação Experimental de Campos .....	244
Programa da Estação Experimental de Pernambuco .....	245

Programa do Instituto Agronômico de Campinas .....	246
Programa do Instituto de Genética .....	248
Programa do Planalsucar .....	254
<b>Referências .....</b>	<b>265</b>
<b>Bibliografia Recomendada .....</b>	<b>277</b>

## Introdução

A cana-de-açúcar, gramínea de clima tropical, tem sido cultivada em regiões de clima quente com solos férteis e bem drenados, com características climáticas compatíveis com as exigências técnicas da cultura.

Ela é principalmente cultivada como matéria-prima a ser fornecida, por esmagamento dos seus colmos para a extração do seu caldo, a um complexo industrial, com a finalidade de produzir açúcar, álcool, fermento e inúmeros outros derivados (apio para utilidades alimentícias como para a fabricação química).

Em virtude de suas características de maturação serem rápidas, a indústria extrai o caldo no período de melhor maturação de suas variedades, ou seja, no período mais seco do ano, quando o volume de matéria-prima é superior em relação aos produtos dela extraídos.

Os impeditivos da condução da cultura e da colheita direcionam a escolha das características a serem selecionadas como desejáveis, nas diferentes fases de seleção das novas variedades, os fatores necessários à evolução das modernas exigências de mecanização, de produtividade sempre mais elevada e de resistência às pragas e doenças.



# Introdução

A cana-de-açúcar, gramínea de clima tropical, tem sido cultivada em regiões de clima quente com solos férteis e bem drenados, com características climáticas compatíveis com as exigências técnicas da cultura.

Ela é principalmente cultivada como matéria-prima a ser fornecida, por esmagamento dos seus colmos para a extração do seu caldo, a um complexo industrial, com a finalidade de produzir açúcar, álcool, fermento e inúmeros outros derivados tanto para utilidades alimentícias como para a indústria química.

Em virtude de suas características de maturação serem sazonais, a indústria extrai o caldo no período de melhor maturação de suas variedades, ou seja, no período mais seco do ano, quando o volume de matéria-prima é superior em relação aos produtos dela extraídos.

Os imperativos da condução da cultura e da colheita direcionam a escolha das características a serem selecionadas como desejáveis, nas diferentes fases de seleção das novas variedades, os fatores necessários à evolução das modernas exigências de mecanização, de produtividade sempre mais elevada e de resistência às pragas e doenças.

Os programas de melhoramento da cana-de-açúcar são desenvolvidos, em diferentes países, por instituições governamentais e particulares ou em sistema cooperativo formado pelos próprios produtores. Esses empreendimentos são onerosos e os resultados obtidos são em longo prazo, chegando até há mais de 15 anos. Essas pesquisas, no entanto, são necessárias, uma vez que as variedades, depois de algum tempo de reprodução vegetativa, ainda por processos pouco explicados, entram em degenerescência, perdendo o vigor e a produtividade e ainda adquirindo um aumento de suscetibilidade às principais pragas e doenças.

Essa cultura tem produzido energia alternativa, substituindo, por vezes, o petróleo e é, sem dúvida alguma, a principal fonte capaz de tomar o seu lugar. A importância de sua pesquisa, pura ou aplicada, tem crescido constantemente. Os campos de cultivo, principalmente nas regiões ditas novas, se multiplicaram de maneira um tanto desordenada, aceitando indiscriminadamente o plantio de variedades sem os devidos cuidados fitossanitários e sem os necessários testes de produtividade.

A idéia deste livro surgiu da visão holística dos problemas citados. Ele irá colaborar nas pesquisas conduzidas de melhoramento da cana-de-açúcar e será um guia complementar aos estudos do melhoramento em geral, dos cursos de agronomia espalhados pelo Brasil. Procurou-se transmitir em suas páginas observações feitas no campo do melhoramento genético da cana-de-açúcar, conhecimentos esses adquiridos ao longo dos anos de pesquisa com essa cultura realizada pelos autores somado aos textos publicados internacionalmente.

Procurou-se evidenciar características dessa cultura que um melhorista necessita saber para melhor desenvolver o seu trabalho. Por esse motivo, foram inseridos capítulos onde se registrou:

- Noções da história e da distribuição geográfica da cultura, como um meio de visualizar a sua importância.
- Conhecimentos básicos de sua botânica, para se ter uma noção do quanto ela pode ainda ser melhorada.
- Conhecimentos básicos de citologia e de genética tanto quantitativa quanto de populações.

- Familiaridade com os principais métodos de melhoramento de plantas em seus aspectos gerais.
- Conhecimento dos diferentes delineamentos estatísticos, utilizados por outros pesquisadores para a cultura da cana-de-açúcar, bem como os seus métodos de análise.
- Conhecimento de sua fisiologia, do seu manejo cultural e do seu comportamento diante das diferentes quantificações no aproveitamento dos insumos modernos.

Foram abordados, também, tópicos que são comuns às outras culturas de reprodução vegetativa e que podem ser aproveitados em trabalhos com outras culturas. Alguns ensinamentos, entretanto, foram acrescentados, como uma maneira didática de explicar teorias utilizadas no melhoramento de plantas. Este livro pode auxiliar os melhoristas de cana-de-açúcar em suas pesquisas, uma vez que nele, além da literatura consultada, foi inserida a experiência dos autores no melhoramento dessa gramínea ao longo dos anos em que trabalharam, trocando idéias e informações científicas ligadas ao assunto.

Não foi inserido, neste livro, um capítulo sobre pragas e doenças da cana-de-açúcar, em virtude de existir, em publicações nacionais, subsídios suficientemente esclarecedores sobre elas.

No Brasil, a importância da cultura da cana-de-açúcar tem crescido constantemente, e a extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA – teve como conseqüência o encerramento das atividades de pesquisa do Planalsucar, o que aumentou a responsabilidade dos técnicos nesse setor agrícola.

Com esta publicação, não houve a intenção de esgotar completamente o assunto, mesmo porque isso seria impossível, dada a dinâmica das pesquisas que continuamente são realizadas. Procurou-se, no entanto, dar subsídios a todos aqueles que têm contribuído para o progresso do complexo sucroalcooleiro do Brasil. Aos alunos de graduação e pós-graduação dos cursos em que o melhoramento de plantas constitui uma ferramenta de trabalho, este livro será, com certeza, de grande utilidade.



## Capítulo 1

# Histórico

**A**s primeiras notícias sobre a cana-de-açúcar encontram-se nas escrituras mitológicas dos hindus, onde se declara que ela foi criada por Viswamitra, para o paraíso de Raja Ikkhakhu, e, quando esse paraíso foi destruído pelos demônios, foi permitido o uso da cana aos homens mortais da terra (Mitra, 1954). As Sagradas Escrituras também fazem referências sobre a cana, em Isaías, 43:24, e Jeremias, 6:20 (Bíblia sagrada, 1989).

Ela, porém, foi considerada como remédio e até como artigo de luxo até o século 18. Nessa época, as caravelas, antes de iniciarem a travessia do Oceano Atlântico, colocavam junto com suas provisões a cana-de-açúcar, que era plantada em algumas covas nas terras aborígenes, para servir de suprimentos às expedições posteriores. Sua crescente valorização como adoçante deve-se ao costume antigo de se adoçar chá, café e chocolate com mel. As pesquisas científicas mostraram que tanto o açúcar da cana-de-açúcar como o açúcar da beterraba açucareira são de alto valor à conservação da energia vital.

Dessas observações, originou-se a crescente aceitação pela sociedade da época, fato que perdura até os dias atuais. As suas qualidades como adoçante são relatadas mesmo antes de Cristo, quando o homem já a conhecia como “algo que produzia mel sem o auxílio das abelhas”. Nessa época, foi constatado também que uma “bebida embriagante” podia ser fabricada a partir do seu caldo.

A cana-de-açúcar é uma planta nativa das regiões tropicais, cujo cultivo se estende, atualmente, aos dois hemisférios. A teoria mais aceita de sua origem considera que ela seja nativa das ilhas do Arquipélago da Polinésia, sendo *Saccharum robustum* uma espécie botânica que se originou no centro de expansão da Nova Guiné.

As populações nativas daquela época, após utilizarem esse vegetal como alimento, verificaram a excelência do seu valor energético com o objetivo de constituir reservas para as suas viagens marítimas e de migração. Assim, no período neolítico, 8000 a.C., as espécies mais suculentas foram levadas primeiramente em direção ao leste, sendo contempladas as Ilhas Fiji e Taiti. Depois, ela se deslocou em direção ao oeste, indo parar na Malásia e na Índia. Em seguida, ao noroeste, atingindo as Filipinas e a China.

A produção do açúcar, denominada de “sarkara”, existia na Índia desde 3000 a.C. e durante muito tempo o cultivo da cana-de-açúcar foi limitado aos países do Oriente Médio, no Vale do Rio Eufrates. A partir de 500 a.C., os persas guardavam o segredo da fabricação do açúcar, que era comercializado com os romanos. As conquistas árabes no Ocidente disseminaram o cultivo da cana-de-açúcar nas margens do Mar Mediterrâneo, a partir do século 8.

MacMartin (1971) divide a cana-de-açúcar em tropical e subtropical. Diz ele que a origem da tropical é a Guiné, tendo ido para a Índia por volta de 6000 a.C. Ele considera também que a subtropical se originou da tropical, tendo chegado à Pérsia no século 6, atingindo mais tarde a região mediterrânea por intermédio dos árabes. Nas Américas, a cana-de-açúcar foi introduzida na segunda expedição de Cristóvão Colombo, em 1493. Antes disso, porém, ela havia sido introduzida por portugueses e espanhóis nas ilhas de Cabo Verde, Canárias, Madeira e São Tomé, como também na África Ocidental. Colombo a trouxe para as Américas em 17 feixes que foram plantados em Santo Domingo, Região das Antilhas, sendo,

portanto, Santo Domingo o centro irradiador para os plantios de Cuba, do México e do Peru.

Os barcos provenientes de Portugal faziam abastecimento de água e de víveres na Ilha da Madeira. Os navegadores normandos aportavam na Ilha dos Açores e os que contornavam a África em direção às Índias Ocidentais faziam escalas em São Tomé. A cultura da cana-de-açúcar tem acompanhado, através dos séculos, as nações que foram surgindo, e o seu interesse tem crescido ultimamente, não apenas como adoçante, mas também como combustível. É senso comum que, a partir do século 15, as disputas para a conquista e o domínio de vastas regiões tropicais tiveram como motivo principal a cultura da cana-de-açúcar.

O plantio da cana-de-açúcar foi interrompido na Pérsia, durante o período da civilização romana. No ano 637 da Era Cristã, os árabes tomaram conhecimento não só da prática de plantio, como também da fabricação do açúcar e foram eles os grandes responsáveis pela disseminação da cultura em toda a Bacia do Mar Mediterrâneo. Na Idade Média, cabia à cidade de Veneza centralizar todo o comércio de açúcar proveniente do Oriente Médio e das Ilhas do Mar Mediterrâneo. Durante 100 anos (1480 a 1580), os assuntos açucareiros dominaram o cenário das atividades políticas e econômicas na Península Ibérica, e coube aos portugueses e espanhóis, em substituição aos árabes, a disseminação dessa cultura. As caravelas portuguesas e espanholas rivalizavam-se nos oceanos, dividindo as terras a serem descobertas sob a proteção do Tratado de Tordesilhas, firmado em 1494. Entretanto, no último decênio do século 15, houve uma forte queda no preço do açúcar, ocorrendo a primeira grande crise no setor. Essa situação de superprodução provocou medida de controle econômico, estabelecendo-se cotas de produção e de entrega. Sendo Portugal que controlava o mercado na época, o rei Dom Manoel I baixou um ato fixando a produção máxima da Ilha da Madeira em 120 mil arrobas, das quais seriam entregues: 40 mil em Flandres, 16 mil em Veneza, 13 mil em Gênova, 15 mil em Quios e 7 mil na Inglaterra.

No Brasil, as primeiras mudas de cana-de-açúcar foram introduzidas em 1502 (Corrêa, 1926; Costa, 1958). Oficialmente, ela foi introduzida proveniente da Ilha da Madeira, por Martim Afonso de Souza. O alvará de D. Manoel, rei de Portugal, datado de 1515,

ordenava ao feitor e oficiais da Casa da Índia que: “dessem machados, enxadas e outras ferramentas às pessoas que fossem povoar o Brasil e que procurassem e elegessem um homem prático e capaz de ali dar princípio a um engenho de açúcar e que lhe desse ajuda de custo e também de todo ferro, cobre e demais coisas necessárias”. (Grande, 1933). Em Pernambuco, um almirante português levantou um engenho antes de 1520, presumivelmente, uma vez que, nos registros da alfândega de Lisboa, consta a entrada de açúcar brasileiro nos anos de 1520 e 1526 (Lippmann, 1942).

O primeiro engenho fundado no Brasil, conforme relato de Basílio Magalhães, foi o de Pero Luiz Gois, em 1532. O segundo foi fundado em 1533 pela família Adorno, e o terceiro, por Martim Afonso de Souza, em 1534, chamado “Engenho do Senhor Governador” que, mudando de proprietário, veio a se chamar “Engenho de São Jorge dos Erasmos”, que funcionou até 1580 e foi destruído em 1615, pelo pirata holandês Joris Spitbergen. Há autores que relatam que esse engenho tenha sido fundado em 1532 e que, somente em 1535, Jerônimo de Albuquerque tenha fundado em Pernambuco o “Engenho Nossa Senhora da Ajuda”, considerado, então, o segundo reduto açucareiro do País. Em 1536, Pero Luiz Gois fundou, na Capitania de São Tomé, planície de Campos, o Engenho Vila-de-Rainha, com mudas levadas de São Vicente.

Em 1538, a indústria do açúcar foi estabelecida na Bahia; em 1575, a cana entrou em Alagoas; em 1579, era a vez da Paraíba; em 1622, Antônio Diniz Barreiros iria introduzi-la no Maranhão. Em 1730, a cultura da cana foi estabelecida em Mato Grosso e, em 1878, no Acre.

Depois de 1615, a cultura da cana atingiu o planalto paulista, com a região de Itu destacando-se, no século 17, como o maior centro açucareiro de São Paulo. Em 1798, Frei Gaspar relatou que essa cultura já estava negligenciada em Santos e em São Vicente.

Há indícios de que a cana ‘Ubá’ tenha se estabelecido no Brasil desde 1658 (Pinto, 1965), trazida por um navegador desconhecido, possivelmente vindo da Índia, pois a palavra ubá significa, em tupi-guarani, cana-de-açúcar de colmo fino. Por volta de 1850, houve um intercâmbio muito intenso de material genético, de diferentes espécies, entre as várias equipes de melhoristas da época, o que resultou na disseminação de doenças endêmicas que eram

circunscritas apenas a determinadas áreas. Foi por esse motivo que se iniciou um processo mais acurado de observação nas estações de introdução de cada região, principalmente quanto às doenças, pois foram estas as responsáveis por grandes devastações de canaviais em diferentes regiões do mundo. As pragas também foram objeto de muita observação. O primeiro caso catastrófico da história ocorreu em 1840, nas Ilhas Maurício, cuja cultura fora completamente devastada pela podridão-da-raiz. Em 1863, o Brasil sofreu o seu primeiro impacto na cultura, quando a gomose devastou a cana-caiana, principal variedade da Bahia. Em 1880, a Ilha de Java, na Indonésia, registrou um prejuízo de US\$ 10 milhões por causa do sereh, que atacou a 'Black-Cheribon'. Foi por causa dessa ocorrência que se criou, na época, a Proefstation Oösto of Java, cujos trabalhos são reconhecidamente os mais importantes para o mundo açucareiro. Naquela época, canas famosas, como a 'POJ 2878', foram produzidas por seus pesquisadores. Essa variedade tem sido progenitora de outras variedades, também famosas e dispersas por todo o mundo canavieiro, principalmente nos cultivos do Havai.

Foi em Java que Soltweld, em 1887, teve a feliz idéia e a oportunidade de realizar o primeiro cruzamento do mundo, em cana-de-açúcar. Cruzou a 'Glagah' com a 'Loethers' e o seu recíproco, obtendo sementes férteis somente da 'Glagah'. Ele demonstrou a viabilidade do melhoramento genético da cana-de-açúcar, por intermédio de cruzamentos controlados. Dois anos mais tarde, em Barbados, Harrison & Bowell obtiveram *seedlings* de sementes originárias de cruzamentos.

Nessa época, o Brasil importava rotineiramente variedades de cana de outros países. Não havia quarentenário nem um controle fitossanitário. Em 1920, com a introdução da 'POJ 36', procedente de Tucuman, Argentina, o mosaico foi identificado na Fazenda Jatuporá, em Ribeirão Preto, SP e, em 1925, a queda da produção em açúcar já era da ordem de 82% e a do álcool, da ordem de 67%. Em 1934, a então Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo nomeou o fitopatologista José Vizioli para criar e organizar o Serviço de Defesa da Cana, transformado mais tarde na Estação Experimental de Cana de Piracicaba.

Em 1928, Adrião Caminha Filho introduziu a 'POJ 2878' em Campos, RJ, e em 1946, São Paulo sofria um grande impacto

psicológico com o aparecimento do carvão-da-cana, na variedade POJ 36, na Região de Assis. Seus efeitos, ainda hoje, produzem resquícios. Mais recentemente, a Região de Campos, RJ, foi atingida por essa mesma doença, que afetou de maneira endêmica os seus canaviais, constituídos, em sua grande maioria, pela 'CB 45-3'. Em 1982, em Barra Bonita, SP, surgiu um foco de carvão na variedade NA 56-79, que passava a perder resistência. A Comissão de Controle de Carvão do estado aconselhou então, a partir daí, um plantio limitado até 30% dessa variedade, nas renovações dos canaviais.

Esses percalços fizeram com que os pesquisadores canavieiros voltassem à árdua missão de manter os seus canaviais em padrões elevados de produtividade, em toneladas de cana por hectare e nas melhores porcentagens de sacarose. Criaram-se estações experimentais e programas de melhoramento genético, onde a resistência às principais pragas e doenças foi considerada assunto prioritário quando da obtenção de novas variedades. Nesse particular, é reservado ao melhorista o mérito de obter da matéria-prima, retirada do campo, elevados índices de rendimento industrial.

No início do século 20, uma violenta crise econômica mostrou a necessidade de organizar a experimentação canavieira no Brasil. Foram então convocadas "conferências açucareiras" na Bahia, em Pernambuco e no Rio de Janeiro. A primeira foi realizada em 1902, a segunda, em 1905, e a terceira, em 1908. Na segunda conferência, com representantes de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe, concretizou-se o que havia sido aprovado na primeira conferência, para que uma comissão de agricultores fosse a Antilhas, Cuba e Java estudar as organizações das estações experimentais e do ensino agrícola. Essa excursão teve início em janeiro de 1906, e do seu extenso relatório, ao Governo federal, surgiram, em 1910, as duas primeiras estações experimentais de cana-de-açúcar do Brasil: a de Escada, em Pernambuco, e a de Campos, no Rio de Janeiro. Instalada em 1913, a Estação Experimental de Escada iniciou os estudos de obtenção de seedlings, sobre a broca *Diatraea* e o piolho *Trionymus*, bem como projetos de irrigação, com a assessoria de dois técnicos holandeses. Com a volta desses técnicos à Europa, essas pesquisas foram interrompidas. Na década de 20, era criada a Estação Geral de Experimentação de Barreiros, que recebeu o acervo da estação pernambucana. Em 1925, com a ocorrência do mosaico, foram

criadas novas estações experimentais, e a Estação Experimental de Curado, em Recife, recebe o acervo de Barreiros. Finalmente, o Instituto Agrônomo do Nordeste – Iane –, fundado em 1951, prosseguiu os trabalhos iniciados na Estação Experimental de Curado. Todo esse esforço em melhorar a produção da cana e o rendimento do açúcar partia dos órgãos governamentais.

Em 1962, sob o impacto da crise estabelecida pela queda do rendimento das usinas do Nordeste brasileiro, os produtores do Pernambuco criaram a Estação Experimental do Cabo, mas só em 1966 é que são iniciados os trabalhos de melhoramento, com a realização de mais de 60 cruzamentos, sendo, destes, 50 biparentais. Seguindo esse exemplo, a Cooperativa dos Produtores de Açúcar de Alagoas criou, em Maceió, uma estação experimental para realizar investigações fundamentais ao desenvolvimento da agroindústria canavieira da região.

No Estado de São Paulo, a Cooperativa dos Usineiros do Oeste do Estado de São Paulo – Copereste – criou, em 1953, no Município de Dumont, região de Ribeirão Preto, uma estação experimental de pesquisas importantes para aquela região do estado. Em 1968, a Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo – Copersucar – deu início a um importante programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar, incorporando a Copereste e sua estação experimental. Em 1970, já foram obtidos, de sementes verdadeiras, 400 mil *seedlings* provenientes de cruzamentos realizados em Camamu, BA.

Em 1971, foi criado, pelo Instituto do Açúcar e do Álcool – IAA –, do então Ministério da Indústria e do Comércio, o Plano Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar – Planalsucar –, com abrangência nacional. Nessa mesma época, foi instalada a Estação de Floração e Cruzamento de Serra do Ouro, em Murici, AL. Com a extinção do IAA e, conseqüentemente, a do Planalsucar em 1981, as autoridades brasileiras encerraram o maior programa de melhoramento de cana-de-açúcar do mundo. O acervo técnico dessa organização passou a fazer parte de universidades. Assim, a Universidade Federal de Alagoas assumiu as unidades de Rio Largo e de Murici, ambas em Alagoas; a Universidade Federal de Pernambuco incorporou a unidade de Carpina, PE; a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, o acervo da Estação Experimental de Goytacases,

em Campos, RJ. A Universidade Federal de São Carlos instalou em Araras o Centro de Ciências Agrárias.

Em 1991, o Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná associa-se ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos para constituírem a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento Sucroalcooleiro – Ridesa –, com a finalidade de dar continuidade à pesquisa gerada pelo Planalsucar. Era o fortalecimento do sistema produtivo da cana-de-açúcar que, depois de 10 anos de estabelecido, liberou 4 variedades RB (República Federativa do Brasil).

# Botânica

## Classificação

A cana-de-açúcar foi descrita por Linneu, em 1753, em seu livro *Species Plantarum*, que a classificou como *Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum*. De Linneu para cá, a sua classificação sofreu inúmeras modificações. Atualmente, a maioria dos técnicos aceita a classificação feita por Jeswiet, citado por Calvino (1925), qual seja:

Divisão: Embryophyta siphonogama

Subdivisão: Angiospermae

Classe: Monocotyledoneae

Ordem: Glumiflorae

Família: Gramineae

Tribo: Andropogoneae

Subtribo: Sacchareae

Gênero: *Saccharum*

Espécies: *Saccharum barberi*, Jeswiet

*Saccharum edule*, Hask

*Saccharum officinarum*, L.

*Saccharum robustum*, Jeswiet

*Saccharum sinensis*, (Roxb) Jeswiet

*Saccharum spontaneum*, L.

Alguns autores consideram ainda *S. indicum*, Hask como espécie, com o que este trabalho não concorda.

### *Saccharum officinarum*

Esta espécie é constituída pelas “canas nobres”. Esse nome advém do fato de elas apresentarem alto teor de açúcar e baixa porcentagem de fibra. Seus colmos são grossos (3,5 cm ou mais de diâmetro) e enquadram-se na categoria de canas tropicais. São exigentes quanto ao clima e solo. São muito suscetíveis a doenças, como mosaico e sereh, mas resistentes a inúmeras outras. Possuem um sistema radicular reduzido e superficial. As principais variedades representantes dessa espécie são: Badila, Black Cheribon, Cristalina, Loethers e Riscada.

### *Saccharum spontaneum*

Ao contrário de *S. officinarum*, *S. spontaneum* são canas ditas selvagens. Os colmos são curtos e muito finos (o diâmetro não ultrapassa 1,5 cm). Elas perfilham abundantemente e contêm um alto teor de fibra. Possuem sistema radicular bem desenvolvido e vegetam bem, mesmo em situações adversas. Não possuem valor industrial.

### *Saccharum sinensis*

Esta espécie engloba as variedades conhecidas por canas chinesas ou canas japonesas. Vegeta bem em solos pobres e secos. Possui um sistema radicular bem desenvolvido. Seus colmos são

finos (de 1,8 a 2,2 cm de diâmetro) e compridos (até 5 m de altura) com internódios longos e fibrosos. Os internódios são freqüentemente alongados e avantajados. Seu biótipo característico é a cana 'Ubá', cultivada na China Continental e em Formosa. Não se deve confundir-la com a cana 'Ubá' encontrada no Brasil (Fig. 1), também conhecida por cana Flecha, e pertencente ao gênero *Gynerium*.

**Fig. 1.** Inflorescência da cana Flecha (*Gynerium* sp.), encontrada no Brasil, também denominada de cana Ubá.



Foto: Roberto Cesnik

### *Saccharum barberi*

Esta espécie é constituída por variedades precoces, com teor médio de sacarose e alta porcentagem de fibra. É resistente ao frio e suscetível ao mosaico. É uma espécie originária da Índia e, por esse motivo, as suas variedades são conhecidas como Canas Indianas.

A representante típica dessa espécie é a ‘Chunee’, largamente utilizada nos programas de melhoramento da Ilha de Java.

## ***Saccharum robustum***

É uma espécie com representantes muito altos. Os seus colmos podem atingir até 10 m de altura e são utilizados como cercas vivas. É uma espécie com baixo teor de sacarose e alta porcentagem de fibra. São canas selvagens, que se adaptam às inúmeras condições ambientais, mas suscetíveis ao mosaico. Excetuando-se pela altura dos colmos ela se parece em muito com *S. officinarum*. As variedades gigantes da Nova Guiné são suas representantes típicas. Deve-se ter em mente que as variedades cultivadas comercialmente não são, na verdade, variedades botânicas e sim um “Complexo de *Saccharum*”. Elas são provenientes de um cruzamento inicial e interespecífico entre os gêneros *Saccharum*, *Ripidium* e *Sclerostachya*.

## **Descrição da Planta**

A cana-de-açúcar se desenvolve caracteristicamente em forma de touceira. Possui, como a maioria das espécies, uma parte aérea, formada por colmos, folhas e inflorescências, e uma outra subterrânea, constituída de raízes e rizomas.

### **Raízes**

São fasciculadas, podendo atingir até 4 m de profundidade. A maior concentração delas (85%) situa-se nos primeiros 50 cm e, entre os primeiros 20-30 cm, verificam-se 60% das mesmas. Essa porcentagem, no entanto, varia de acordo com a variedade, mas não em parâmetros amplos.

### **Rizomas**

Estes possuem nódios, internódios e gemas. Estas são as responsáveis pelo aparecimento dos perfilhos, formados na touceira,

característica também de outras gramíneas. São os rizomas (Fig. 2) que irão rebrotar, após a colheita, dando origem às novas touceiras tanto da soca como da ressoça.



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 2.** Rizomas de cana-de-açúcar formadores de touceiras em cana soca e ressoça.

## Colmo

É a parte da planta que fica acima do solo, sustentando as folhas e a panícula. O seu porte apresenta-se como: ereto, semi-ereto ou decumbente, cujo comportamento pode variar com a idade da planta. O entouceiramento pode-se apresentar como fraco, médio ou forte. O capitel (Fig. 3) mostra-se ralo, médio ou fechado. O colmo é constituído por nódios e internódios.

## Nódio, nó ou região nodal

O nódio é uma região muito importante para a descrição de variedades da cana-de-açúcar. Ele engloba a gema, o anel de crescimento, a cicatriz foliar e a zona radicular (Fig. 4 e 5). A zona radicular apresenta uma variação muito grande, entre as variedades já descritas.

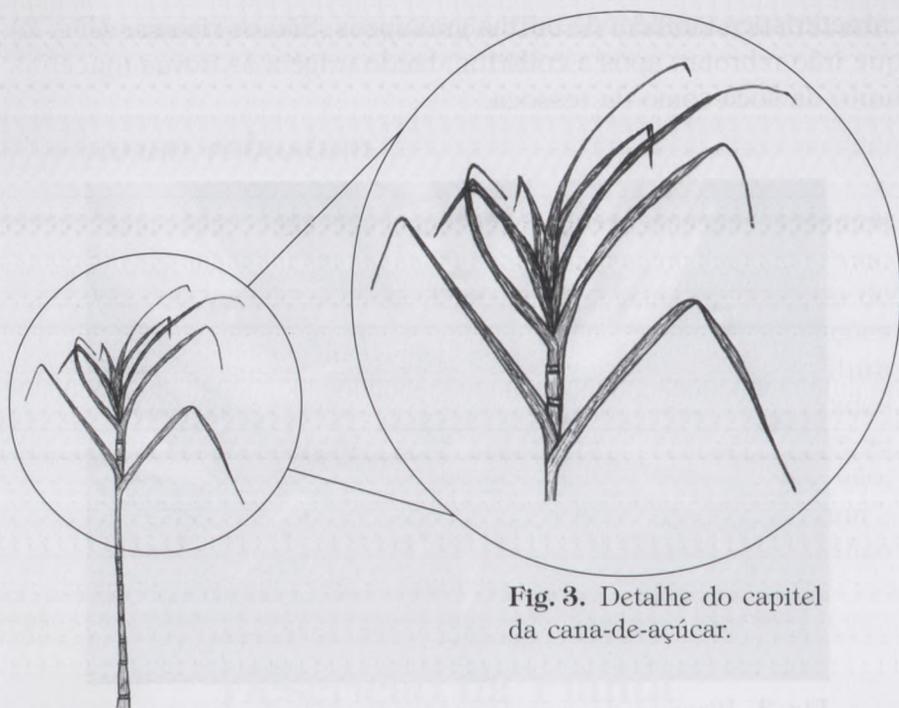


Fig. 3. Detalhe do capitel da cana-de-açúcar.

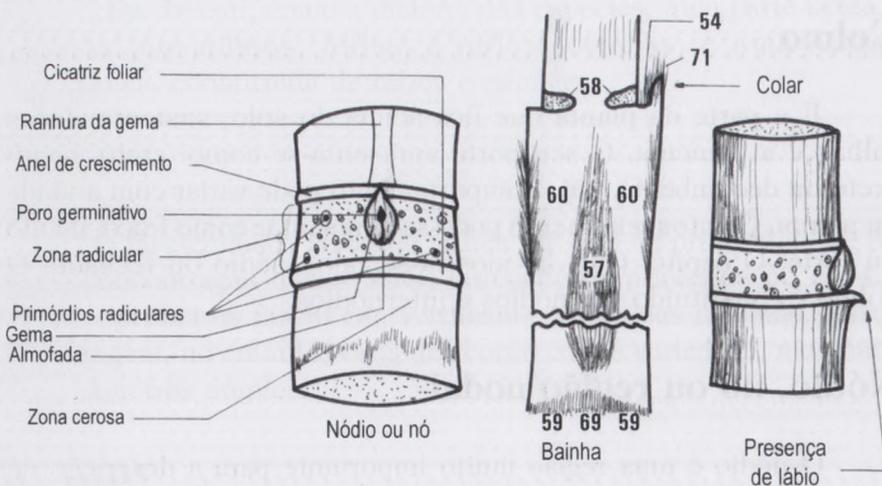


Fig. 4. Algumas formas de nódios encontrados em cana-de-açúcar. Detalhe do nódio e da bainha.

Fonte: Figura adaptada de Artschwager (1954).

**Fig. 5.** Detalhe do nódio apresentando lábio na cicatriz foliar.

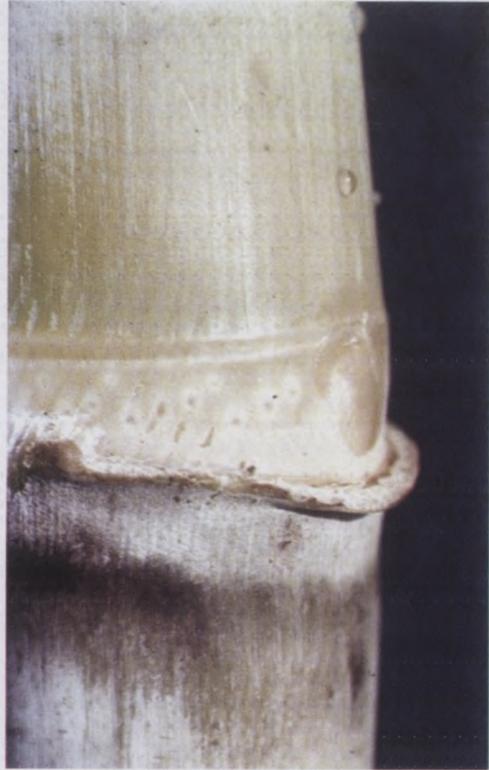


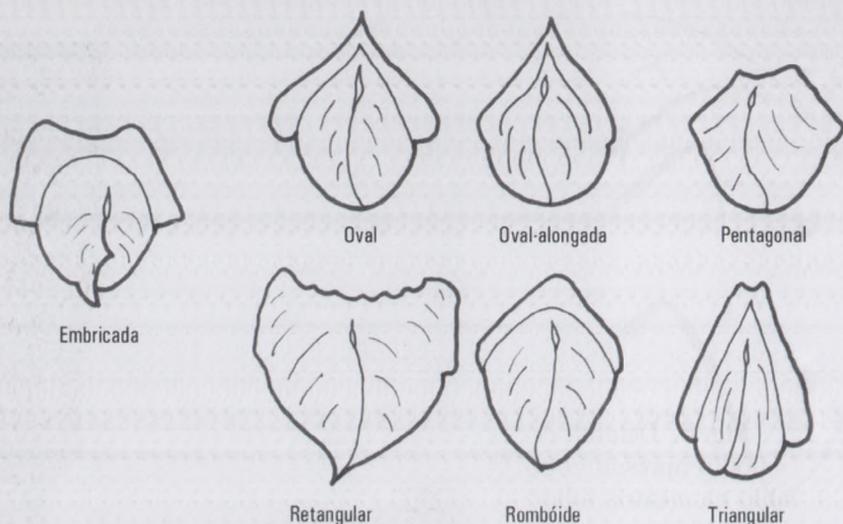
Foto: Roberto Cesnik

## Gema

É a porção do colmo de grande utilidade na identificação das variedades. A gema (Fig. 6) é formada de reentrâncias e de um poro germinativo que, ao germinar, emite um broto, dando origem a um novo colmo.

O poro germinativo pode situar-se no ápice da gema, em seu terço superior ou ao redor de sua parte mediana, denominando-se respectivamente apical, subapical e dorsal.

Quanto ao tamanho, ela pode ser grande, média ou pequena, mostrando-se saliente, medianamente saliente ou achatada. Quanto ao aspecto, apresenta-se como: oval, oval-alongada, pentagonal, retangular, rombóide e triangular. Cada um desses tipos pode ser,



**Fig. 6.** Tipos de gemas, algumas delas apresentando asas.

Fonte: Figura adaptada de Artschwager (1954).

respectivamente, embricado ou não embricado. A gema pode ainda apresentar pêlos e asas. Estas, formadas por prolongamentos ou saliências delgadas estendidas até a metade da gema, são estreitas ou largas e apresentam ou não uma formação de pêlos.

Entre a implantação da gema e a cicatriz foliar, há ou não um espaço que, quando se faz presente, se denomina almofada.

## Anel de crescimento

O anel de crescimento (Fig. 4) pode ser estreito (com menos de 3 mm), médio (entre 3 e 4 mm) ou largo (com mais de 4 mm). Situa-se na base do internódio, podendo ser reentrante, plano ou saliente, e a sua cor difere das demais cores das outras partes do colmo.

## Cicatriz foliar

A cicatriz foliar (Fig. 4) apresenta-se como uma anel seco, de tecido marrom, deixado pela base da bainha da folha quando ela,

por si mesma, se destaca do colmo. A cicatriz foliar pode-se apresentar como reentrante ou saliente em relação ao colmo e formar um ângulo reto ou oblíquo em relação ao internódio.

Apresenta ou não um lábio. Este, assim chamado, é a parte proeminente da saliência da cicatriz foliar.

## Zona radicular

É a região que abriga a gema e os primórdios radiculares (Fig. 4). Situa-se entre o anel de crescimento e a cicatriz foliar; mostra-se estreita (com menos de 6 mm), média (entre 6 e 8) e larga (com mais de 8 mm), podendo ser plana, reentrante ou saliente. A sua cor é semelhante à do internódio.

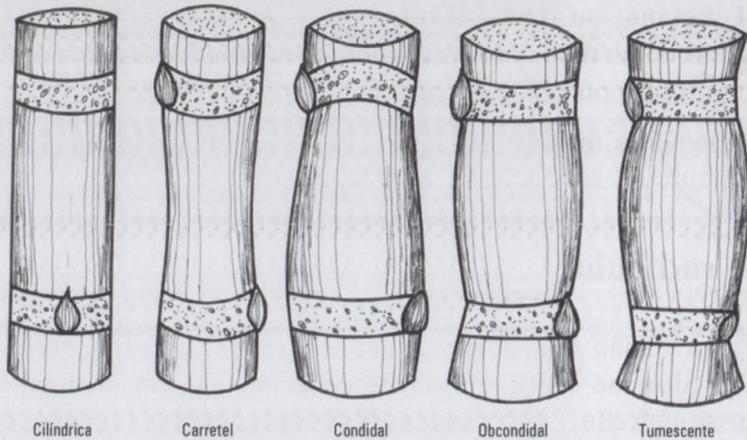
Os primórdios radiculares são pequenos pontos, geralmente esbranquiçados, tendo ao centro um ponto de coloração castanha ou lilás. Quando a planta germina, eles emergem, crescem e formam o conjunto de raízes. São em número bastante variável e podem estar alinhados ou dispostos irregularmente.

## Internódio ou entrenó

É a parte do colmo situada entre dois nódios, podendo-se apresentar de forma cilíndrica, em carretel, conoidal, obconoidal, tumescente ou em barril (Fig. 7) Todas estas formas podem se apresentar de maneira reta, curvada ou em ziguezague com relação ao colmo. O diâmetro pode ser fino (menor que 2 cm), médio (entre 2 e 3 cm) e grosso (com mais de 3 cm), podendo conter ou não: rachaduras, cera e ranhura da gema. Sua polpa exhibe as colorações branca, verde, creme ou castanha, e a cor da casca pode variar do amarelo ao vermelho, modificando-se, às vezes, com a exposição ao sol.

As rachaduras são peculiaridades para cada variedade, podendo se apresentar em diferentes tamanhos e profundidades.

Geralmente, existe uma região cerosa mais espessa do que em qualquer outra parte do internódio, imediatamente abaixo da cicatriz foliar. A região cerosa pode ser denominada distinta ou indistinta.



**Fig. 7.** Diferentes tipos de internódios.

Fonte: Figura adaptada de Artschwager (1954).

Algumas variedades exibem uma concavidade no sentido longitudinal do internódio, iniciada logo acima da gema e denominada ranhura ou depressão da gema.

Nos internódios mais velhos, aparecem, freqüentemente, algumas manchas de coloração clara chamadas marcas do tempo. Também podem surgir riscos longitudinais, afetando apenas a epiderme.

## Folha

É ligada ao colmo, na região nodal, formando duas fileiras opostas e alternadas ao longo do colmo. A folha é constituída de lâmina foliar, bainha e colar.

## Lâmina foliar

Sua borda é toda serrilhada, diferindo de aspecto conforme a variedade. A lâmina foliar pode se apresentar com os seguintes aspectos: ereta até o topo; dobrada ou curvada próximo ao topo e curvada em sua altura média. Em algumas variedades, ela é ereta e rígida e, em outras, flácida e arqueada. Às vezes, apresenta manchas cloróticas, sardas e pêlos. O comprimento, a largura e a cor se

modificam de acordo com a variedade e com as condições do meio ambiente.

## Bainha

É a parte compreendida entre a sua ligação com o colmo, na região nodal, com a borda inferior da lâmina (Fig. 4). Ela é sempre colorida e pode apresentar-se aderida ou semi-aderida, possuindo ou não cera e pêlos. Estes podem variar em quantidade e arranjos, os quais são designados por números convencionais. O pêlo 57 (joçal) é o mais importante. Na ausência de pêlos, a bainha é chamada glabra e, na presença de grande quantidade de cera, de glauca. A sua cor contrasta com as demais regiões da folha, e a sua borda superior é geralmente seca.

A bainha contém um colar representado pela junção da lâmina foliar com a bainha propriamente dita.

## Colar

É uma região importante para a sua identificação botânica. É nela que se encontram o *dewlap*, a lígula e a aurícula (Fig. 4), assumindo formas e posições diversas. É nessa região que existe a maior diversificação de pêlos.

## Dewlap

É também designado por triângulo da junta, triângulo do joelho ou papada. Possui uma dobra que facilita o movimento da folha. Geralmente, apresenta três tipos: ligular, retangular e triangular ou deltóide, podendo, no entanto, mostrar formas intermediárias (Fig. 8). A sua cor varia com a idade da planta e a camada de cera, podendo diferir em ambas as faces.

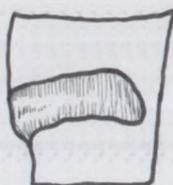
## Lígula

É uma membrana pequena e fina que envolve a parte intermediária do colmo, na base da lâmina, apresentando-se nas formas de fita, deltóide, angular, triangular, esférica e arqueada (Fig. 9).

Formas de *dewlap*



Ligular



Retangular



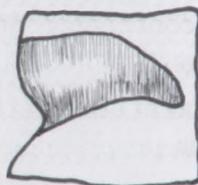
Triangular  
ou deltóide

Formas intermediárias de *dewlap*

Triangular com  
a margem inferior  
na horizontal



Triangular com  
a margem superior  
na frontal



**Fig. 8.** Diferentes tipos de *dewlap* encontrados em cana-de-açúcar.

Fonte: Figura adaptada de Artschwager (1954).



Em fita



Deltóide



Angular



Triangular



Esférica



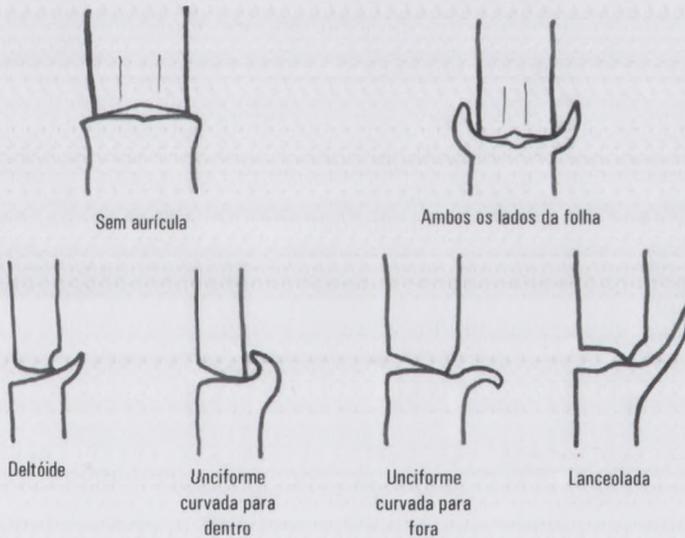
Arqueada

**Fig. 9.** Fórmas de lígulas encontradas em cana-de-açúcar.

Fonte: Figura adaptada de Artschwager (1954).

## Aurícula

A folha nem sempre possui aurícula. Quando esta se encontra presente, localiza-se nas extremidades superiores da bainha (Fig. 10), ocupando um ou ambos os lados da mesma. Apresenta-se em forma de lóbulos mais ou menos triangulares. Denomina-se deltóide, quando pequena, e lanceolada, quando grande. Algumas variedades, no entanto, apresentam uma aurícula na forma unciforme, curvada para dentro ou para fora da bainha.



**Fig. 10.** Tipos de aurículas encontradas em cana-de-açúcar.

Fonte: Figura adaptada de Artschwager (1954).

## Inflorescência

A inflorescência da cana-de-açúcar é uma panícula aberta (Fig. 11) vulgarmente denominada de flor, bandeira ou flecha. É formada por um eixo principal, a raque, de onde se originam as ramificações secundárias e terciárias, tomando o formato conoidal. Na base destas e no ápice daquelas encontram-se, aos pares, espiguetas, sendo uma sésstil e outra pedicelada. Em cada espiguetta, encontra-se uma flor que, conseqüentemente, irá produzir um fruto.

A gema apical do colmo transforma-se em gema floral e, esta, em panícula.

Foto: Roberto Cesnik



Fig. 11. Inflorescências da cana-de-açúcar.

## Flor

A flor propriamente dita é hermafrodita, apresentando em sua base um ovário em forma ovalada. Em seu interior, encontra-se um único óvulo, ligado à parede do ovário por uma placenta larga, e, em sua extremidade superior, encontram-se dois pistilos encimados por estigmas plumosos de coloração vermelho-arroxeadada.

O órgão masculino é constituído por três estames formados por filamentos adelgados e brancos, que sustentam as anteras (Fig. 12) de coloração amarela ou roxa, característica própria para cada variedade. São fixadas dorsalmente e divididas em dois lóbulos por uma linha longitudinal. É nas anteras que se encontram os grãos de pólen.

As flores estão protegidas por duas brácteas rodeadas por pêlos longos e macios: uma, a gluma interna, e outra, a externa. No interior da externa, localiza-se uma terceira gluma envolvendo a glumela

**Fig. 12.** Detalhe de anteras da cana-de-açúcar.



Foto: Márcio Funghi de Salles Barbosa

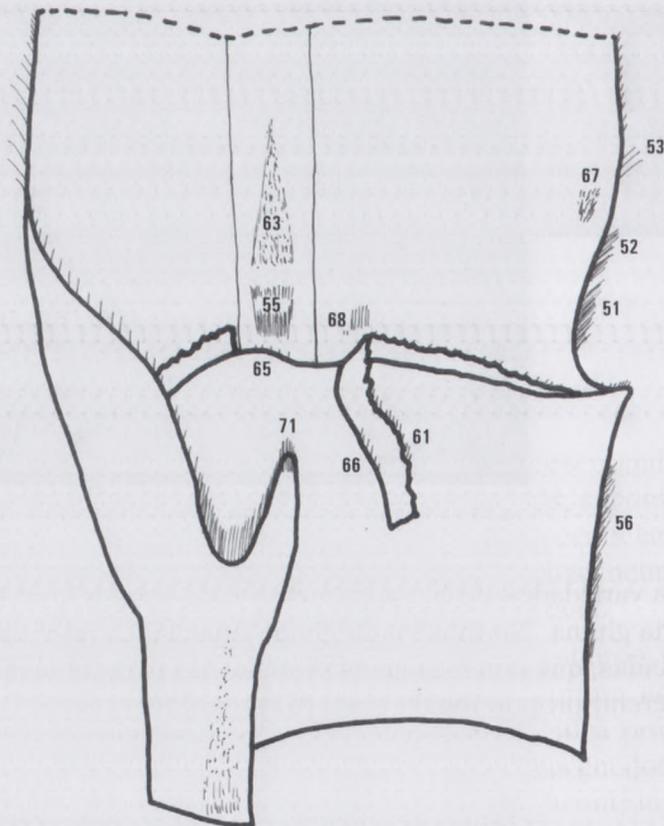
fértil. Nas variedades de *S. spontaneum* e de seus híbridos, existe uma quarta gluma. No interior da gluma interna, na base da flor, há duas lodículas, que constituem os vestígios do perianto e que, ao se intumescerem, proporcionam a abertura da flor.

## Fruto

Este, como na maioria das gramíneas, é uma cariopse de forma elíptica alongada, com dimensões de aproximadamente 1,5 x 0,5 mm, apresentando uma pequena depressão na região do embrião.

## Pêlos

Os pêlos são de grande importância na identificação de uma variedade, principalmente os que levam o número 57, denominado vulgarmente de joçal, agrupados nas costas da bainha, e o grupo 60, existente não só na bainha como no colar. Assim, eles são encontrados na região nodal, nas gemas, no *dewlap*, na bainha, etc. As Fig. 4 e 13 ilustram os diferentes pêlos com as numerações sugeridas por Jeswiet ou por modificações de outros autores.



**Fig. 13.** Pêlos encontrados em folhas de cana-de-açúcar.  
Fonte: Figura adaptada de Artschwager (1954).

## Identificação das Variedades

A identificação de uma variedade deve seguir parâmetros válidos para qualquer pesquisador, de diferentes instituições, que pesquise o assunto. Foi Jeswiet, citado por Calvino (1925), que elaborou um critério universal para a identificação de variedades da cana-de-açúcar. Alguns técnicos, no entanto, persistem em ignorar o sistema proposto por Jeswiet e diferenciam as variedades por meio de características agronômicas, principalmente aquelas ligadas à produtividade e à precocidade, desconsiderando os critérios botânicos.

A fim de facilitar a identificação das variedades, Skinner (1971) apresentou, no XIV Congresso Internacional da International Society of Sugar Cane Technologists, uma ficha de descrição baseada no Sistema Jeswiet de Identificação de Variedades. Apesar de todos esses caracteres poderem ser utilizados na identificação de uma variedade, nem sempre eles são interessantes no momento da identificação. Por exemplo, se um grupo de variedades de uma determinada região tiver colmos de coloração vermelha, de nada adiantará anotar essa cor para todas as variedades, pois essa característica, no caso, não será capaz de diferenciar duas ou mais variedades. Por sua vez, o colmo em carretel é raramente encontrado nas variedades cultivadas no Brasil, e, portanto, constitui um elemento de grande valor na identificação de uma variedade.

Os pêlos têm grande utilidade na identificação de uma variedade. Assim, o pêlo 57, por exemplo, conhecido vulgarmente por joçal, é muito importante para uma eficaz descrição. A posição do poro germinativo da gema é outra característica que deve ser bem considerada. Dentre as variedades descritas no Brasil pelo Sistema Jeswiet (Cesnik et al., 1979), somente as variedades CB 49-260 e NA 56-79 possuem o pêlo 71. Este, na NA, é longo, e, na CB, é bem curto.

Quando, entretanto, se deseja descrever uma variedade, independente do grupo a que ela pertence, deve-se anotar todos os detalhes propostos por Jeswiet. De nada valem, botanicamente, as descrições que apresentam apenas características de cor, PUI, porte, florescimento, brotação de soqueira e outros atributos agronômicos.

De uma partida de variedades de canas importadas de Barbados e cultivadas no Brasil, em uma coleção de variedades do Planalsucar, fez-se anotações de suas principais características, cedidas pelo melhorista Rokuro Urata, cujos dados são apresentados a seguir, como exemplo prático de como devem ser descritas botanicamente as variedades comerciais, com suas características mais importantes.

### **B3337**

Cor do colmo: exposta, vermelho-escura; não exposta, de vinho para púrpura. Anel de crescimento, verde, e primórdios radiculares, creme. Diâmetro, de grosso para médio. Aurículas, ausentes. Pouca cera. *Dewlap*, de púrpura para verde-púrpura. Muito pouco joçal.

### **B3439**

Cor do colmo: exposta, amarela para castanha; não exposta, amarela, com pouca cera. Diâmetro médio. Uma aurícula pequena e outra ausente. *Dewlap* verde-púrpura. Joçal médio. Um pouco de pêlo. Colar, aberto.

### **B37172**

Cor do colmo: exposta, de castanha para vermelha; não exposta, de verde para castanha. Anel de crescimento, verde-escuro. A zona cerosa é de um verde bem claro. Diâmetro médio. Uma aurícula pequena e outra ausente. Pouca cera. *Dewlap*, vermelho-púrpura. Joçal e pêlo 60, de comprimento médio. Colar, aberto.

### **B41211**

Cor do colmo: tanto a exposta como a não exposta variando de amarelo-castanha para castanho-encarnada. Diâmetro, médio. Duas aurículas pequenas. Possui muita cera. *Dewlap*, castanho. Joçal, médio. Pouco pêlo 60. Colar, aberto.

**B44341**

Cor do colmo: exposta diretamente ao sol, vermelho-encarnada; exposta à luz mas não diretamente ao sol, verde-oliva; não exposta, verde. Colmo coberto de cera branca. Diâmetro de médio a fino. Aurículas, ausentes. Possui muita cera. *Dewlap*, verde. Pouco joçal. Pêlo 60, apresenta-se em tão pouca quantidade que, em algumas bainhas, se encontra ausente. Colar, aberto. Internódios, em forma de carretel imperfeito. Gemas, bem protuberantes.

**B45151**

Cor do colmo: exposta, púrpura, com muita cera; não exposta, creme, com manchas púrpuras. Diâmetro irregular de médio a fino. Aurículas, ausentes. Possui muita cera. *Dewlap*, inclinado de cor verde. Não possui joçal nem pêlo 60. Colar, fechado.

**B46364**

Cor do colmo: exposta e não exposta, vermelho-escura. Diâmetro, de médio a grosso. Aurículas, ausentes. Apresenta muita cera. *Dewlap*, verde-castanho. Tem pouco joçal. Pêlo 60, ausente. Colar, aberto.



# Fisiologia

## Multiplicação Vegetativa

**A** cana-de-açúcar se propaga comercialmente por via assexuada, por meio da germinação de suas gemas. Na maioria dos programas de melhoramento, o processo sexuado é ainda o mais utilizado, por intermédio da germinação de suas sementes, para se obter variabilidade genética e, com isso, variedades novas. Em alguns centros mais sofisticados, já se utiliza a técnica da multiplicação do meristema, para a introdução de material sadio.

No Brasil, o segmento do colmo a ser multiplicado vegetativamente recebe denominações regionais. Assim, nas regiões Norte e Nordeste, ele é denominado rebolo; nas regiões setentrionais de Minas Gerais, ponta; e, na Região Centro-Sul, tolete, denominação esta utilizada neste livro. O tolete é constituído de um segmento do

colmo contendo de 2 a 4 nós, vulgarmente chamados de gemas. O conjunto “folhas e bainhas”, quando retirado dos colmos, é denominado de palha ou palhiço. Tolete é, portanto, um segmento do colmo resultante do seccionamento, executado manualmente com o facão, ou mecanicamente, com a colheitadeira. Quando feita manualmente, é realizada dentro dos sulcos de plantio, bastante irregular, deixando pontas fora dos sulcos, que normalmente não brotam. As gemas se desenvolvem, para formar um novo colmo, quando não houver mais a influência da ação inibidora de enzimas produzidas pela gema apical. Nas gemas laterais, essas enzimas estão em estado latente, cujo fenômeno é denominado de “predominância apical”. Quando o colmo não é dividido em toletes, há uma propensão para fazer vegetar somente as gemas da base e da ponta do mesmo, provocada pela ação das enzimas. Clements (1949), baseado nesse fato, aconselhou a dividir o colmo em toletes de 3 a 4 gemas. Observa-se, na prática, que as lavouras industriais recebem canas inteiras para o plantio, que são cortadas, irregularmente, dentro do sulco, enquanto, nos experimentos de competitividade, cortam-se os colmos em toletes de 3 gemas, selecionando-os antes do plantio, em suas respectivas parcelas.

Os colmos, ainda em crescimento, já possuem gemas, folhas e primórdios radiculares em estado latente que não se desenvolvem em consequência da dominância apical. Um processo hormonal favorece o alongamento dos internódios, dificultando a multiplicação celular. Esse mecanismo explica o surgimento de brotações laterais quando há inibição da atividade enzimática da gema apical, provocada pela pulverização de produtos químicos, floração, geada, quebra do colmo ou mesmo outras injúrias causadas pela broca-da-cana, a *Diatraea saccharalis*.

Na década de 60, quando foi iniciado o tratamento térmico da cana inteira para o tratamento do raquitismo-das-soqueiras, com água à temperatura de 52°C, sendo depois plantada sem a divisão dos seus colmos, havia uma brotação uniforme, pela eliminação da ação das enzimas, fato este já observado por Dillewijn (1952).

Em síntese, a propagação vegetativa da cana-de-açúcar consiste no desenvolvimento dos diferentes órgãos que compõem a sua região nodal. A gema formará a parte aérea da nova planta e os primórdios radiculares darão origem às suas raízes. A brotação se comporta de

maneira diversa para cada variedade. Em algumas, a parte aérea se desenvolve antes da subterrânea; em outras, dá-se o inverso. Há casos, porém, em que o desenvolvimento da parte aérea ocorre simultaneamente com o da subterrânea.

As gemas mais próximas da ponta do colmo germinam mais facilmente do que as demais, em decorrência da dominância apical. Por essa razão é que se recomenda cruzar os ápices com as bases dos colmos, vulgarmente denominado cruzamento do pé com a ponta, tomando-se o cuidado de proporcionar uma população de 15 a 18 gemas por metro de sulco.

A gema necessita de quantidades consideráveis de energia e sais minerais para se transformar em uma nova planta. Nesse período, não devem faltar nutrientes, pois o perfilhamento da touceira depende de uma boa germinação.

Nos toletes, também pelo princípio da dominância apical, as gemas mais novas germinam antes que as mais velhas. Plantas que sofreram geadas não seguem essa regra. Os colmos geados apresentam brotações completamente anormais (Fig. 14), cuja

**Fig. 14.** Brotação irregular do colmo em virtude da ação de geada.



Foto: Roberto Cesnik

constatação prática divergiu dos conhecimentos teóricos. Há variedades que germinam bem antes do que outras, quando plantadas no mesmo dia, hora e local. Esse comportamento tem origem genética.

Dillewijn (1952) cita que Went, estudando a 'Black Cheribon', em 1896, verificou um aumento do teor de glicose na região do tolete, próxima à gema, 2 dias após o plantio. Depois do aparecimento das primeiras folhas, esse teor diminuiu. Assim, também o amido, que não tinha sido constatado no momento do plantio, passou a existir entre o segundo e o terceiro dia após esse plantio, diminuindo de intensidade, decorridos 10 dias, e desaparecendo por completo aos 20 dias.

A germinação pode ser influenciada por fatores intrínsecos e fatores externos.

## Fatores intrínsecos

Entre os fatores intrínsecos que influenciam na brotação da cana-de-açúcar podem ser citados: variedade, idade e sanidade da muda.

**Variedade:** de acordo com sua constituição genética, uma variedade pode ou não germinar melhor que outra. Em pesquisas realizadas na Venezuela, Alvarez (1954) mostrou que não só a variedade como também o número de gemas por tolete contribuíam para a variabilidade de comportamento no processo reprodutivo da cana. Os toletes com três gemas, para as diferentes variedades testadas, tiveram o melhor índice de brotação. As gemas do terço inferior do colmo de algumas variedades têm dificuldade para brotar.

**Idade dos toletes:** os colmos velhos, com idade superior a 12 meses, são desaconselhados para a propagação da cana. Eles possuem menor quantidade de glicose e de sais minerais do que os mais jovens. As escamas que protegem as gemas mais velhas são mais lignificadas do que as que protegem as mais jovens e, no transporte, as gemas mais velhas, por já estarem salientes, se danificam com relativa facilidade. É fácil reconhecer um plantio com mudas de mais de um ano de idade, pois falta vigor de brotação, e as folhas, aparentemente, se apresentam mais estreitas e curtas do que em plantações executadas com mudas mais jovens. Essa

diferença, entretanto, pode ser corrigida por meio de uma adubação nitrogenada complementada por algumas irrigações. A idade das mudas mais recomendada para isso situa-se entre 6 e 8 meses.

**Sanidade do colmo:** um material isento de pragas e doenças germinará melhor do que os danificados por elas. Colmos provenientes de uma área bem adubada e sem ter sofrido seca ou geada irão germinar melhor do que outros que sofreram situações adversas. Na prática, verifica-se um colmo sadio apertando-se algumas gemas com o dedo. A facilidade na penetração da unha na gema, no sentido vertical do colmo, é uma característica de boa qualidade física das mudas.

## Fatores externos

Entre os fatores externos, que interferem no processo de brotação vegetativa, podem ser citados: pragas, doenças, temperatura e umidade do solo.

**Pragas e doenças:** a presença no solo de cupins, nematódeos, bactérias ou fungos poderá provocar uma diminuição da percentagem de germinação. As gemas podem ser intensamente danificadas ao ponto da área de plantio necessitar de um total replante. Quando um desses fatores estiver presente no solo, deverão ser tomadas medidas preventivas para desinfetá-lo. Os colmos com idade superior a um ano são menos resistentes às pragas e doenças do que os mais novos.

**Temperatura:** a temperatura ideal para a germinação da cana-de-açúcar situa-se em torno de 27°C, conforme a conclusão de inúmeros autores, e exerce uma grande influência na sua germinação. Em temperaturas inadequadas, a cana levará mais tempo para germinar do que em condições ideais. Suas raízes se desenvolvem com menor quantidade de calor do que a parte aérea. Em temperaturas do solo inferiores a 12°C porém, o crescimento do sistema radicular é muito reduzido, enquanto, para o desenvolvimento aéreo, a temperatura deverá ser acima de 15°C. Sartoris (1929) observou que a cana tinha possibilidade de germinar mesmo em temperatura de 6°C positivos. Temperaturas do solo acima de 35°C inibem a brotação das gemas em colmos com idade superior a 18 meses.

**Umidade do solo:** a umidade também exerce influência no processo germinativo. A umidade ideal para a brotação situa-se na faixa de 15% a 25%, e os solos bem arejados a facilitam.

## **Multiplicação por intermédio de gemas individuais**

Um processo de multiplicação que vem merecendo uma atenção toda especial por parte dos pesquisadores e dos técnicos que trabalham na área agrícola, fornecendo material para a indústria, é a multiplicação da cana-de-açúcar por intermédio de gemas individuais, ou seja, mudas com uma única gema.

Com a introdução do cultivo da cana-de-açúcar em locais de difícil acesso, ou distantes dos tradicionais centros de produção de mudas, tornou-se viável esse processo. As gemas são obtidas com o auxílio de vazadores com os quais se retira, tão-somente, os nódios do colmo. Esse sistema facilita o tratamento térmico, para o controle de doenças, viabilizando o emprego do avião no transporte das mudas. Esse procedimento foi utilizado na Destilaria Brasil Central, em Goiás, e na Destilaria Jayoro, no Amazonas.

Os colmos utilizados para a extração das gemas devem ser provenientes de viveiros de multiplicação, cujas mudas tenham recebido previamente um tratamento térmico, antes de sua instalação. Esse viveiro deve ter recebido também, durante todo o período vegetativo, os procedimentos de *rouging*, para o controle fitossanitário, e procedimentos de irrigação e nutrição que dêem condições ideais de crescimento, para que o colmo apresente um desenvolvimento uniforme com internódios compridos. Um mês antes da coleta para a extração das gemas, deve-se proceder a uma cobertura com 60 kg de nitrogênio por hectare, logo após uma chuva ou irrigação.

As canas são colhidas com um corte basal e outro apical, sendo este último para a eliminação parcial das folhas do leque apical. Transportam-se os colmos do campo para os galpões de procedimentos, onde serão despalhados sem o auxílio de ferramentas, tomando-se o cuidado de não danificar as gemas. O colmo selecionado é seccionado nos internódios por meio de uma serra circular e em

ângulo reto em relação ao colmo. A utilização do podão ou do facão é desaconselhável, nesse processo, pois os mesmos provocam lascamento, aumentando, com isso, a área de ferimento e conseqüentemente a oportunidade de entrada de agentes causadores de doenças. Uma última seleção é feita nessas gemas que, em seguida, são acondicionadas em caixas de plástico vazadas, para o tratamento com fungicida e inseticida, através de sua imersão em tanques apropriados. É aconselhável um tratamento simultâneo com uma solução nutritiva de fertilizante de fórmula 10-10-10 na concentração de 5%, bem como com um estimulante hormonal de crescimento. Após a secagem, na própria caixa, as gemas podem ser levadas ao plantio. Quando as gemas estão situadas longe da área de plantio, sendo muitas vezes necessário ser utilizado o avião como meio de transporte, são acondicionadas no meio de espuma picada, para não serem danificadas.

## **Multiplicação por intermédio de gemas brotadas**

Este método se baseia no método de gema individual. Quando o viveiro atingir a idade de 6 meses, elimina-se a gema apical dos colmos que se pretende forçar a brotação lateral, para a extração de gemas brotadas. Na prática, extirpa-se todo o palmito do colmo. Em seguida, despalham-se os colmos para expô-los a uma incidência maior de luz solar, permitindo, assim, um desenvolvimento mais rápido das gemas. Geralmente, após 30 dias desse procedimento, os colmos estão aptos a serem separados em gemas individuais. Todo cuidado é pouco para preservar a integridade das gemas assim brotadas, que devem receber tratamento térmico e fitossanitário antes de serem plantadas. Esse processo é interessante quando se quer aproveitar material de multiplicação com menos de 10 meses de idade. O índice de aproveitamento está entre 90% e 95%. A Indonésia já se utilizou dessa técnica quando houve necessidade de substituição de variedades em um período bastante curto.

## **Multiplicação por rebentos**

Ao contrário dos métodos anteriores, que se utilizam de colmos completamente desenvolvidos, este método se utiliza de colmos que

precedem a fase de alongação dos internódios. Após 60 dias da germinação, as touceiras são arrancadas do solo e suas raízes lavadas com jato de água. Os perfilhos são separados e todos os que estão enraizados são tratados com uma calda com a seguinte composição: uma parte de terra para 10 partes de água mais 0,5 kg de esterco de galinha e 100 g de adubo 10-10-10, bem como um inseticida e um fungicida em quantidades indicadas pelo fabricante, para o conteúdo do balde. O barreamento deve ser feito em seguida ao destacamento dos brotos, a fim de evitar o secamento das raízes. Em seguida, são levadas ao campo e plantadas.

## **Multiplicação por destacamento**

Após o perfilhamento ser completamente desenvolvido, quebra-se o colmo na altura do terceiro internódio. O operador enrola as folhas do ápice na mão, inclina o colmo a 45° e com uma puxada brusca provoca o seu quebramento. Esses colmos, denominados primários, são plantados integralmente nos sulcos de um novo viveiro. Essa operação é realizada a cada 3 semanas durante 9 a 12 semanas. Após cada destacamento de colmos, procede-se a uma adubação nitrogenada em cobertura. O material remanescente na touceira original será deixado para constituir a soca desse canavial.

## **Multiplicação por rizoma**

Viveiros plantados em baixadas estão sujeitos a destruição total da parte aérea por efeito de geadas em épocas frias. Entretanto, o sistema radicular, mais protegido de temperaturas baixas, dificilmente é atingido por elas. Com o auxílio de um arado de aiveca, os rizomas são desenterrados, divididos e barreados com uma mistura idêntica ao processo de multiplicação por rebentos. Antes disso, porém, deve-se aguardar por um período de um mês após a ocorrência da geada, a fim de avaliar o nível de dano efetivo.

## **Multiplicação por cultura de meristema**

A produção industrial de cana in vitro, por multiplicação celular em solução nutritiva, demonstrou grande eficiência em multiplicar

rapidamente uma variedade nova com características promissoras superiores às existentes em lavouras comerciais. A primeira etapa do processo de fabricação de mudas é realizada em laboratório, com a cultura de tecido de meristema, em meio de cultura com tratamento fitorregulador (Lee, 1991). A origem e a sanidade das variedades a serem multiplicadas meristemáticamente devem ser cuidadosamente controladas. O monitoramento das operações efetuadas em laboratório, casa de vegetação ou viveiro necessita de pessoal técnico altamente habilitado e especializado, para evitar a superbrotação e conseqüente formação de massa verde. O processo requer ainda instalações devidamente adequadas, com pessoal suficiente para realizar um número de repicagens diárias necessárias, associadas a outros métodos utilizados para a formação de viveiros no campo.

O processo de propagação da cana-de-açúcar por meio da germinação de suas sementes verdadeiras é um método utilizado, exclusivamente, por melhoristas, em programas de melhoramento genético. É uma operação delicada, que envolve técnicas especiais e cuidados constantes. No passado, algumas variedades se desenvolviam por meio de processo natural de germinação, sem a interferência humana, em regiões quentes e úmidas.

A germinação deve ser conduzida em caixas leves (Fig. 15), desinfetadas e com um substrato fumigado, a fim de se evitar o



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 15.** Semeadura de sementes não deslintadas de cana-de-açúcar.

aparecimento de doenças e ervas daninhas. Elas serão colocadas em estufins ou em casas de vegetação, sob uma temperatura variando entre 25% e 32°C e umidade relativa do ar situando-se ao redor de 80%. A temperatura crítica de germinação está em torno de 18,5°C. Abaixo dela, as sementes terão dificuldade em germinar e podem comprometer a obtenção dos *seedlings*.

Após 24h de sementes, havendo condições ideais de germinação, notar-se-á um entumescimento das sementes e uma mudança de sua coloração. Nas 24 horas seguintes, a raiz primária romperá a cutícula que reveste a semente, dando início ao desenvolvimento da primeira folha. Assim nasce o *seedling*, que se transformará em colmos de uma touceira e, mais tarde, se possível, em uma nova variedade. É o surgimento de um indivíduo geneticamente diferenciado dos demais (Fig. 16). Sua disseminação, daqui para frente, seguirá o processo da multiplicação assexuada, ou seja, de reprodução vegetativa.

Foto: Roberto Cesnik



Fig. 16. Sementes de cana-de-açúcar em processo de germinação.

## Crescimento

Após a germinação, as gemas do tolete iniciam o crescimento, dando origem aos colmos. As gemas do rizoma que estiverem no solo, por sua vez, também germinarão, constituindo os colmos do perfilhamento. Este precede o crescimento, propriamente dito, e é o responsável pelo fechamento da cultura, diretamente influenciado pelo espaçamento entre as linhas de plantio, a densidade populacional da área plantada e a luminosidade. Esta interfere na translocação das auxinas, das partes mais altas do colmo para as mais baixas, quebrando, por esse mecanismo, a inibição das gemas formadoras de novos perfilhos. Uma adubação adequada, aliada a uma temperatura e umidade ideais, favorece o perfilhamento que, quando aparece tardiamente, prejudica a qualidade do caldo na sua industrialização, pela diversidade de maturação da população.

Após germinar e perfilhar, a planta cresce. Esse crescimento engloba três processos: divisão, diferenciação e alongamento celular. Talvez o termo “crescimento” fosse mais apropriado para indicar a fase de alongamento das células. Porém, quando a planta cresce, além de aumentar o seu comprimento, aumenta também o seu diâmetro e, conseqüentemente, o seu peso. Proporcionalmente, aumenta também a sua matéria seca. Entretanto, o crescimento da cana-de-açúcar é considerado pela sua produtividade, que pode ser avaliada sob diferentes aspectos, pois as plantas não têm um desenvolvimento uniforme desde a formação das raízes até a brotação das gemas. A taxa de crescimento aumenta gradualmente até atingir um máximo. Em seguida, há uma diminuição progressiva até o ciclo vegetativo se completar. O crescimento mensal pode ser representado na forma de um gráfico em curva senoidal, curva esta chamada de “Grande Período de Vegetação”, quando atinge o seu máximo, segundo Dillewijn (1952). As necessidades de nutrientes, água, temperatura e luz são variáveis no decorrer do ciclo vegetativo. Não existe necessariamente uma correlação simultânea entre os fatores favoráveis e um desenvolvimento uniforme da planta. Por exemplo, durante um período de estiagem, o crescimento aparente do colmo pode ficar reduzido, entretanto, o metabolismo de assimilação continua a sintetizar, aumentando a matéria seca.

Na fase inicial do desenvolvimento de uma nova touceira, a brotação das gemas e a formação do seu sistema radicular são alimentadas pelas reservas nutritivas disponíveis no tolete original, até o momento em que seja alcançada uma auto-suficiência nutricional do seu próprio sistema vegetativo. Essa fase pode estender-se além do normal, conforme as condições ambientais. A quebra da dormência para que se efetue o crescimento das raízes requer uma temperatura, no solo, superior a 12°C. O entumescimento da gema, com a emissão das primeiras folhas, ocorre quando a temperatura média externa for superior a 17°C.

## Crescimento da parte aérea

O crescimento da parte aérea engloba o crescimento do caule e das folhas. O crescimento máximo acontece na panícula, decrescendo, em intensidade, das partes superiores para as inferiores. As folhas mais velhas, ao secarem, podem ou não se destacar da bainha. A longevidade delas é característica específica de cada variedade, podendo se modificar com a comutação dos fatores externos e com a posição das mesmas em relação ao colmo. Uma folha tem durabilidade média de 60 a 90 dias. O tempo decorrido entre o aparecimento de duas folhas subseqüentes é de 5 a 8 dias. Folhas não caducas constituem um fator muito importante no mecanismo de armazenamento do açúcar pela planta, que é utilizado na formação da celulose e nos processos de respiração e maturação da mesma. O açúcar, por sua vez, sofre na planta uma translocação das folhas para o colmo, acumulando-se neste, que é o fornecedor da matéria-prima a ser industrializada.

O colmo, em condições normais, tem um longo período de crescimento não constante. Na cultura de 18 meses, por exemplo, possui duas épocas de crescimento intenso: uma, no período chuvoso, e outra, logo após o frio. Se no período de crescimento houver condições adversas, surgirão ao longo do colmo internódios curtos denominados carretel. Em programas de melhoramento, no entanto, durante o processo de seleção, encontram-se clones que normalmente apresentam carretel em toda a extensão do colmo. Eles devem ser descartados do programa, por apresentarem um defeito de origem genética.

## Crescimento das raízes

O estudo do crescimento das raízes é muitas vezes preterido pelo estudo da parte aérea, em consequência desta ser visível e de mais fácil compreensão do que aquela. Quando feito em campo, o estudo das raízes é feito por meio de trincheiras profundas ao lado de uma touceira, proveniente de um tolete apenas. Concluída a escavação, jateia-se água nas raízes até liberá-las completamente do solo que as envolvem. Em seguida, estima-se a sua porcentagem em diferentes profundidades. Esse estudo pode ser feito também em vasos largos e profundos, com solução nutritiva, onde se adaptam camadas de tela de malha larga, dispostas horizontalmente.

Há dois tipos de raízes: as que se desenvolvem nos primórdios do tolete que foi plantado e as provenientes dos primórdios dos colmos jovens. Aquelas se desagregam ao surgirem estas, formando assim o sistema radicular da planta propriamente dito. Como um todo, o sistema radicular é proveniente dos primórdios dos colmos secundários e terciários. Por essa razão, surge uma correlação positiva entre o peso das raízes e a produção de cana, em toneladas por hectare (Alexander, 1973).

O sistema radicular apresenta três tipos de raízes: as absorventes e superficiais, as profundas e entrelaçadas em feixe e as grossas e suculentas, que são intermediárias às anteriores. Esse esquema é válido para toda e qualquer variedade. O sistema radicular da soca e rессoca é mais superficial do que o da cana-planta, e 60% de suas raízes encontram-se a uma profundidade de 30 cm.

Diversos são os fatores, no solo, que influenciam o desenvolvimento do sistema radicular da cana. Entre eles, merecem destaque: temperatura, umidade, propriedades químicas do solo, adubação, aeração, irrigação, práticas culturais, variedade e idade da planta. É importante o conhecimento do comportamento de todos esses fatores, na condução de um programa de melhoramento. A obtenção de uma variedade de raízes profundas, por exemplo, é desejável quando o programa de melhoramento tem como prioridade obter variedades com resistência à seca.

Entre os itens citados, consideram-se como os mais importantes, temperatura e umidade do solo.

**Temperatura:** não há uma temperatura fixa para o desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar. Entretanto, a temperatura mínima, para um bom desenvolvimento das raízes, situa-se ao redor de 10°C. Humbert & Aires, citados por Humbert (1968), verificaram que, a uma temperatura no solo de 16,5°C, houve uma paralisação do desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. Neste caso, houve ainda uma perda de nitrogênio e potássio por parte de toda a planta. Cada variedade tem um limite de temperatura no qual a planta paralisa o processo de absorção da umidade e dos elementos nutritivos do solo.

**Umidade do solo:** a cana-de-açúcar tem a capacidade de sobrevivência em condições críticas de umidade. Nas safras agrícolas de 1975 e 1978, houve secas prolongadas tanto em São Paulo como no Paraná, com um secamento anormal observado nas pontas das folhas. Entretanto, alguns clones, em fase de seleção no Planalsucar nessa época, não apresentaram tais anomalias. Clones que nessas mesmas condições tiveram sintomas de deficiência hídrica não apresentaram mais esses sintomas, quando cultivados em anos seguintes em solos úmidos.

## Maturação

Clements (1959) considerou o amadurecimento como uma senescência da planta, não querendo, entretanto, interpretar que apenas idade adulta significa maturação. Para que ela ocorra, é necessário que a planta pare de crescer. A sua maturação se completa, realmente, no momento em que a planta apresente o maior rendimento industrial. Esse fato justifica a correlação positiva existente entre a maturação e o rendimento industrial.

A maioria das variedades comerciais existentes na Região Centro-Sul do Brasil tende a alcançar o ponto máximo de maturação (pol entre 13 a 16) de 2 a 3 meses após o início das safras. A fim de antecipar essa maturação, emprega-se uma pulverização com amadurecedores químicos.

A determinação do teor de sacarose da cana se faz por meio de métodos analíticos específicos, em material amostrado no campo, na balança de pesagem ou na entrada das moendas, nas indústrias.

No campo, cada amostra deve ser constituída de 6 a 10 colmos. Eles servirão para as análises de sacarose, fibra, açúcar redutor e umidade. Na indústria, amostra-se o material no próprio caminhão, por intermédio de sondas que retiram uma mistura de colmos e impurezas. A análise dessa cana, assim amostrada, é mais confiável do que daquela amostrada no canavial. Nesta, há uma tendência dos amostradores escolherem os colmos mais bonitos, deixando de lado cana quebrada, seca e outras, fazendo com que a análise não seja a de uma amostra ideal. Na análise feita em material colhido no caminhão, todo material estranho será avaliado como sólido, aumentando conseqüentemente o valor da fibra.

Uma avaliação da maturação de uma variedade no campo se faz rapidamente pelo processo de brixagem, utilizando-se do refratômetro de mão. Por meio de um amostrador, extrai-se o caldo de 6 a 10 colmos separadamente e nas partes: inferior, mediana e superior dos colmos. Em seguida, calcula-se a média das leituras. Quando os valores do Brix da amostragem do meio são sensivelmente iguais aos da parte inferior do colmo, o canavial está com as canas maduras. Entretanto, quando o valor da leitura da parte inferior do colmo é menor do que a leitura do meio do colmo, a cana ultrapassou o ponto de maturação e já está invertendo a sacarose. O campo estará apto a ser cortado quando a leitura média do Brix for 18°.

Uma outra maneira de se avaliar a maturação de um canavial, um tanto desconhecida da maioria daqueles que trabalham na lavoura canavieira, é determinando-se o ponto de equilíbrio do colmo. Para isso, procede-se da seguinte maneira: 2 ou 3 colmos são amostrados, ao acaso. Puncionam-se todos os internódios individualmente, para a extração de uma pequena quantidade de caldo necessária à leitura do pol, também individualizada, registrando-se os valores. Normalmente, 2 ou 3 internódios de cada colmo deverão ter a mesma leitura. O valor dessas leituras iguais é denominado de ponto de equilíbrio do colmo, cujo posicionamento no colmo será utilizado para amostragem de toda área a ser selecionada. Para isso, caminha-se, aleatoriamente, puncionando diferentes colmos, sempre na mesma altura do ponto de equilíbrio, cujos valores médios de Brix, para o campo ser considerado apropriado ao corte, deverá ser de 18°. A altura do ponto de equilíbrio, onde deve ser feita a leitura, difere de variedade para variedade, de local para local, nas diferentes épocas de corte. Dillewijn (1952) afirmou que os valores do teor de

sacarose, dos colmos, são mais elevados nos seus internódios do centro, decrescendo destes para os seus extremos (ápice e base). Quando se corta a cana em seu ponto máximo de maturação, tem-se, na indústria, um rendimento agrícola máximo. O ponto máximo de maturação tem valores diferentes para variedades diferentes, variando também de local para local, nas diferentes épocas do ano. Um planejamento de colheita, baseado no ponto máximo de maturação, pode equalizar a indústria, proporcionando um trabalho com altos níveis de rendimento industrial.

Durante um intervalo de tempo, a planta conserva o seu ponto máximo de maturação com valor quase inalterado. Esse intervalo, denominado de Período Útil de Industrialização – PUI –, também difere de variedade para variedade ou mesmo dentro de uma mesma variedade, plantios de diferentes épocas. Cana-planta, soca e ressoca têm seus PUIs com valores diferenciados, para a mesma variedade. Temperaturas mais baixas, períodos de seca moderados e carência de nitrogênio no solo facilitam a maturação. Em Porto Rico, no entanto, verificou-se que a adição de nitrogênio ao solo aumentou tanto a quantidade de toneladas de cana por hectare quanto o seu teor de sacarose.

## Controle da maturação

O sistema de estimativa do estado de maturação da cana-de-açúcar utilizado em pré análise é a determinação do Brix refratométrico do caldo dos colmos, tomando-se amostragens no ápice, no meio e na base do colmo, como descrito anteriormente.

**Tipo de aparelho:** deve-se utilizar refratômetro de mão com escala de 0 a 32 e intervalos de 0,2 ou de 0,5.

**Tipos de extratores:** para a extração do caldo, utiliza-se um extrator que retira uma pequena parte do internódio do colmo. Essa amostra é colocada em uma prensa manual e espremida, a fim de se obter uma gota do caldo a ser colocado no prisma do refratômetro.

Um outro tipo de extrator, melhor do que o anterior, é o do tipo havaiano, que perfura a cana, retira pequena porção de caldo e o recolhe em um pequeno reservatório, o que permite homogeneizar o caldo retirado do ápice, da parte mediana e da base do colmo

**Utilização do refratômetro de campo:** o refratômetro de campo é utilizado para uma determinação rápida do Brix da cana. Para isso, coletam-se cinco ou mais colmos seguidos e aleatoriamente em três pontos da área a ser amostrada, perfazendo um total de pelo menos 15 colmos, e separando-os por cada ponto amostrado (a, b, c). De cada uma delas, retira-se o caldo de cada colmo da seguinte maneira:

1) Do terceiro ou quarto internódio, contados a partir da base do colmo, retira-se uma amostra do caldo com o amostrador havaiano. Mistura-se o caldo dos cinco colmos e, com duas gotas, colocadas no prisma do refratômetro, procede-se à leitura. A média das três leituras é o “Brix da base”. Do mesmo modo tem-se o “Brix do meio” e o “Brix do ápice”, devendo este ser amostrado no último internódio maduro, ou seja, naquele imediatamente abaixo da última bainha que se desprende por inteira do colmo. Outro critério para a identificação desse internódio é apertando-se com a unha os primeiros internódios do ápice do colmo. O primeiro a oferecer uma certa resistência à entrada da unha é o internódio maduro. A mudança de coloração do colmo pode ser um outro indicativo desse internódio.

2) Repetir os procedimentos do item 1 para os colmos retirados nos dois outros pontos de amostragem.

3) A média obtida para as leituras dos três pontos de amostragem, para as três amostragens do colmo, é o valor que deve ser atribuído ao Brix da área.

**Cálculo e interpretação:** a sacarose, na cana-de-açúcar, é produzida pela fotossíntese e armazenada da base para o ápice. Assim, no início da safra o terço inferior do colmo apresenta maiores valores de Brix do que nos outros dois terços. Com a progressão da maturação, há uma tendência de os valores de Brix, de todos os internódios maduros, terem a mesma leitura. Pode-se dizer que, na época do máximo valor de sacarose, o valor do Brix do ápice do colmo é praticamente igual ao valor daquele encontrado na base do colmo. A relação matemática entre os valores dessas determinações define o Índice de Maturação da Cana – IM. Como são determinados três valores de IM por área (talhão), o valor do IM será a média aritmética desses valores e que pode ser interpretado pela Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores do Índice de Maturação da Cana – IM – e sua interpretação.

IM	Interpretação
< 0,70	Imatura
0,71 - 0,80	Maturação baixa
0,81 - 0,90	Maturação média
0,91 - 1,00	Madura
> 1,00	Maturação ultrapassada

A maturação ultrapassada é observada em regiões de clima equatorial e acontece em função da idade fisiológica, no fim do ciclo vegetativo, mais curto do que nas regiões de clima subtropical.

## Amadurecedores artificiais

Há produtos químicos que, quando aplicados por via foliar, aumentam o teor de sacarose da cana, possibilitando uma colheita mais lucrativa.

No início do século, Eckart, citado por Alexander (1973), tentou aumentar o teor de sacarose da cana-de-açúcar, destruindo parte das raízes da touceira. Ele não foi feliz em suas tentativas. Inúmeros autores utilizaram o melaço com a mesma finalidade, também sem sucesso.

Inúmeros produtos químicos têm sido testados para se avaliar o aumento do teor de sacarose do caldo da cana. Alguns deles podem aumentá-lo em certas variedades, eo mesmo produto pode não ter efeito algum em outras variedades ou mesmo prejudicá-las. Foi comprovado que, em alguns locais, as variedades de maturação tardia, tal como a SP70-1143 e a RB72454, responderam melhor aos amadurecedores do que as precoces. Um aumento de um ponto de sacarose, no início da safra, foi considerado satisfatório economicamente, uma vez que, durante o decorrer da mesma, a tendência é de aumento desse valor.

# Necessidades

Dentre as necessidades da cana-de-açúcar, destacam-se as hídricas e as nutricionais como as mais importantes e, por isso, somente elas estão sendo abordadas neste capítulo. A composição da cana-de-açúcar encontra-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição da cana-de-açúcar.

Produto	Porcentagem
Água .....	74,50
Sílica (SiO <sub>2</sub> ) .....	0,25
Potássio (K <sub>2</sub> O) .....	0,12
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) .....	0,07
Ácido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	0,02
Cálcio (CaO) .....	0,02
Magnésio (MgO) .....	0,01
Sódio (Na <sub>2</sub> O) .....	0,01
Cloro (Cl) .....	Traços
Ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	Traços
Cinzas .....	0,50
Celulose .....	5,50
Lignina .....	2,00
Pentosanas (xilana) .....	2,00
Goma da cana (arabana) .....	0,50
Fibra .....	10,00
Sacarose .....	12,50
Glicose ou dextrose .....	0,90
Levulose ou frutose .....	0,60
Açúcares .....	14,00
Albuminóides .....	0,12
Amidas ácidas (ácido aspártico) .....	0,07
Amidas (asparagina) .....	0,07
Ácido nítrico .....	0,01
Amoníaco .....	Traços
Corpos xânticos .....	Traços
Matérias nitrogenadas .....	0,40
Gorduras e ceras .....	0,20
Pectina (gomas) .....	0,20
Ácidos combinados .....	0,12
Ácidos livres .....	0,08
<b>Total</b> .....	<b>100,00</b>

## Necessidades hídricas

A cultura da cana necessita de grandes quantidades de água para suprir as suas necessidades hídricas, uma vez que somente 30% de seu peso é representado pela matéria seca e 70%, pela água.

Sua capacidade em absorver água pelas folhas é maior do que em qualquer outra gramínea, no entanto, são as raízes, através dos seus pêlos absorventes, as responsáveis pela maior quantidade de absorção de água. O orvalho da madrugada e os chuviscos, que não chegam a atingir o solo, são absorvidos por suas folhas.

A translocação da água através do colmo pode ser observada colocando-se alguns colmos cortados em um balde com água. Em um breve espaço de tempo, o volume de água diminuirá, mostrando uma rápida translocação de água por eles. Uma outra observação pode ser feita no campo, com as partes dos colmos que sobram das touceiras após o corte. Verifica-se, na incisão do mesmo, uma exsudação intensa, indicando a presença de uma pressão vertical, enviando seiva, do sistema radicular para as partes mais altas da planta.

A cana, além de absorver água, também a exsuda através da cutícula e dos estômatos. A exsudação mais intensa, em toda planta, verifica-se no terço superior das folhas. A perda por transpiração é muito pouca, sendo da ordem de 1%. A variedade, por si mesma, influencia o mecanismo de absorção e exsudação da água pela planta. Assim, variedades de folhas estreitas, por terem menor superfície foliar, transpiram menor quantidade de água do que as variedades de folhas largas. A idade da planta também influi no processo de transpiração, uma vez que plantas mais jovens têm uma área foliar menor do que as plantas adultas. Certas variedades enrolam as folhas, quando o calor é muito intenso, como uma autodefesa da planta contra o excesso de evapotranspiração.

## Nutrientes

Uma planta sadia apresenta um bom aspecto foliar, com cerca de 12 folhas por colmo e este com um diâmetro médio para uma variedade comercial; possui ainda um porte ereto e um sistema radicular capaz de sustentá-la, evitando, com isso, o acamamento,

indesejável sob o ponto de vista agrônômico. A variedade apresentará, certamente, todas essas características, se for alimentada adequadamente. As plantas de aspecto raquítico e com internódios curtos, provavelmente, podem estar sofrendo de deficiências minerais. Poderão também estar sendo atacadas por predadores do solo ou, mesmo, intoxicadas por produtos químicos.

Há variedades que são mais exigentes do que outras quanto às suas necessidades minerais. Alguns métodos analíticos podem ser aplicados, a fim de detectar as suas necessidades. Experimentos em vasos podem ser substituídos por análises foliares, mais indicativas das necessidades da cultura. Barnes (1953), estudando a cana, verificou que, em média, 50 t de cana extraem do solo: 37,5 kg de N; 25,0 kg de  $P_2O_5$  e 75,0 kg de  $K_2O$ . Malavolta et al. (1964) citam que a absorção máxima de nutrientes em quatro plantas variando de 13 a 15 meses foi de 81,0 g de N; 6,8 g de  $P_2O_5$ ; 81,5 g de  $K_2O$ ; 19,2 g de Ca; 13,9 g de Mg; 9,3 g de S e 61,8 g de Si. Esses resultados mostram que, além do nitrogênio, fósforo e potássio, o cálcio também é um elemento necessário à boa nutrição da cultura.

**Nitrogênio:** Malavolta et al. (1964) consideraram o nitrogênio tão importante como o trio: carbono, hidrogênio e oxigênio. Esses três elementos constituem 90% da sua matéria seca. Quando a cana está madura, o nitrogênio representa somente 1% do peso total da sua matéria seca. Das raízes, o nitrogênio se transloca para as folhas, transformando-se em substâncias protéicas, e é nas folhas novas que ele se encontra em maior quantidade. Esse comportamento mostra que o nitrogênio se transloca das folhas para os colmos. As plantas carentes mostram-se, inicialmente, de aspecto verde-amarelado, tornando-se mais tarde completamente amarelas. O crescimento torna-se mais lento e o sistema radicular de aspecto diminuto. A composição química da planta difere totalmente da planta sadia. O número de folhas vivas é menor em plantas com deficiência, quando comparadas com as sadias.

**Fósforo:** o fósforo é imprescindível para várias funções fundamentais do sistema vegetativo da cana-de-açúcar. A maior necessidade de fósforo, na planta, verifica-se nos 3 primeiros meses de vegetação, e a sua maior concentração se localiza nas partes de crescimento mais intenso. Também as folhas mais novas retêm uma quantidade maior do nutriente do que as folhas mais velhas e, nesse

período, o total absorvido pela planta representa mais da metade desse nutriente absorvido durante todo o ciclo vegetativo da planta. No período compreendido dos 3 aos 7 meses, a demanda de fósforo é relativamente constante, edessa idade até a colheita, a necessidade de fósforo é muito pequena. Por esse motivo, recomenda-se uma adubação fosfatada somente no início do seu período vegetativo. A presença do fósforo em maior quantidade nas folhas novas, como acontece com o nitrogênio, evidencia a sua translocação das folhas para os entrenós dos colmos, acompanhando o armazenamento dos açúcares nos mesmos. O fósforo, na forma orgânica, é constituído de lecitinas, que resultam da combinação do ácido fosfórico de glicerina e de uma base orgânica, a cholina, lipídeo este cuja localização em maior concentração se encontra nas regiões de crescimento e de assimilação do carbono.

O aproveitamento de uma adubação fosfatada é de cerca de 40%, quando aplicado no solo, e de 80%, quando aplicado por via foliar na forma de ácido fosfórico. Malavolta et al. (1964) relatam uma dificuldade da planta em desenvolver o seu sistema radicular, apresentando ainda um perfilhamento deficiente quando há deficiência de fósforo na planta.

A deficiência de fósforo se caracteriza por uma coloração roxa nos bordos das folhas novas e, principalmente, em sua parte apical. Quando em estado de deficiência aguda, o leque foliar é reduzido, possuindo poucas folhas de coloração amarelada e em forma de espeto. As mais velhas iniciam um secamento prematuro nas bordas e na ponta. Nota-se ainda uma redução do comprimento e do diâmetro do colmo.

Em canas que receberam uma adubação de fósforo bem equilibrada e cujo solo tem um alto teor de matéria orgânica, o caldo extraído dos seus colmos tem um teor de 200 ppm de  $P_2O_5$ . No Brasil, esse valor é de 120 ppm e, em canas cultivadas no Cerrado, o teor de fósforo é, por vezes, menor do que 100 ppm. Mesmo com essas discrepâncias, a decantação e a clarificação do caldo é normal, em nossas condições.

**Potássio:** o potássio representa o nutriente de maior importância nessa cultura, uma vez que ele aparece, nas suas determinações de análises foliares, em maiores proporções do que os demais nutrientes. A exemplo do nitrogênio e do fósforo, a sua maior concentração se

verifica nas folhas novas. No meristema apical e nos primeiros internódios em formação, sempre existe uma concentração mais alta desse elemento, que migra conforme o crescimento da planta. As partes inferiores da planta possuem menos potássio do que as superiores, em todos os estágios da cultura. A sua importância se acentuou após a verificação da sua correlação positiva com o seu teor de sacarose. O potássio é um elemento solúvel em água e que participa de várias funções do metabolismo da cana, tal como na fotossíntese, na elaboração das proteínas e na função migratória dos nutrientes, conforme a idade da planta. Ele interfere direta ou indiretamente nas atividades celulares da planta em função da sua mobilidade e de suas propriedades particulares de condensação, participando de inúmeros processos biológicos. Dificilmente, pode-se atribuir ao potássio uma função preponderante na fisiologia da planta. No processo de fotossíntese, na assimilação do  $\text{CO}_2$ , o nível de fixação normal se dá quando, nas folhas verdes, se detecta uma quantidade de potássio entre 1,70% e 1,89%, enquanto em folhas sem deficiência visível, mas com teor de 0,91%, há uma fixação de 10% menor de gás carbônico que em uma folha normal (Humbert, 1968).

O potássio é ainda muito importante na translocação de carboidratos e proteínas, bem como na absorção da água. É também um ativador de enzimas.

A deficiência desse elemento é caracterizada pela coloração roxa da nervura central da folha. Na lâmina foliar, aparecem numerosas manchas cloróticas paralelas de cada lado da nervura central. Com o passar do tempo, as folhas mais velhas se tornam marrom, apesar de as mais novas continuarem a ter a cor verde, típica da variedade. A sua deficiência provoca também um retardamento no crescimento dos colmos, o que provoca, conseqüentemente, a sua debilidade e o adelgamento dos mesmos. Na fase mais aguda da deficiência, as folhas velhas secam prematuramente. Apesar da deficiência, o sistema radicular da planta é estimulado por ela; no entanto, essa mesma deficiência provoca um retardamento da sua maturação.

A cor roxa da nervura central muitas vezes pode ser confundida com a doença da podridão-vermelha, que atinge, em profundidade, os tecidos da nervura central. O diagnóstico pode ser feito cortando-se

transversalmente a nervura da folha. Quando a doença se instala, a parte inferior da nervura apresenta-se com uma cor amarelada. Uma outra característica é possuir uma seiva com maior teor de açúcar. Esses sintomas também podem ser encontrados em certas variedades sujeitas à “Doença do Outono”.

Em Java, notou-se uma pequena intoxicação de ferro causada pela deficiência de potássio, significando que uma grande quantidade de potássio poderá inibir a absorção de ferro.

O excesso de potássio prejudica a riqueza da cana em açúcar, fato este observado nas usinas que aplicavam excesso de vinhaça em seus campos de plantio quando o mesmo foi proibido de ser vertido nos mananciais de água. O excesso provoca também um grande aumento de cinza no açúcar. É fato, porém, que a cana vegeta bem nesses campos, servindo de maneira excelente para mudas na formação de novos canaviais.

Em Goitacaz, região canavieira de Campos, RJ, os solos atingem até 4,0 ppm no teor de potássio, em virtude da origem marítima na formação das terras, inibindo parcialmente a formação de sacarose nas variedades ali cultivadas.

## Outros macroelementos

Além dos elementos nitrogênio, fósforo e potássio, que constituem os nutrientes clássicos para o desenvolvimento de qualquer cultura, a cana-de-açúcar necessita ainda de cálcio, magnésio e enxofre, entre outros, para desempenhar uma boa performance de produtividade.

**Cálcio:** a maior quantidade desse elemento encontra-se nos tecidos meristemáticos e nas folhas verdes. A sua presença é de suma importância no crescimento e desenvolvimento da planta. A cultura deve receber 400 kg/ha/ano de cálcio, que pode ser suprido por meio do calcário ou do gesso. Provavelmente, é o cálcio que, em combinação com os ácidos orgânicos, forma os sais que se ligam às moléculas protéicas e ao sistema enzimático por excelência. O cálcio tem dificuldade de se translocar na planta, estando diretamente ligado à absorção do nitrogênio. Em quantidades excessivas, o cálcio pode até inibir a absorção do potássio e reduzir a mobilidade de alguns microelementos.

O primeiro sintoma de sua deficiência consiste no aparecimento de inúmeras manchas cloróticas com o centro escuro, de dimensões diminutas, ao longo da lâmina foliar. Mais tarde, essas manchas se tornam de coloração marrom-escura. A área necrosada cresce e se estende rapidamente por toda a folha, provocando a sua queda.

**Magnésio:** o magnésio se transloca com muita facilidade nos tecidos das plantas, tomando parte na composição da molécula de clorofila. Por isso, ele é essencial não somente para a cana como para qualquer organismo verde. A cana necessita de quantidades de magnésio idênticas às do nitrogênio.

Os sintomas de deficiência se manifestam somente em folhas jovens e tomam uma coloração verde-pálida, exibindo manchas parecidas com as manchas da deficiência de cálcio.

**Enxofre:** este macroelemento começou a ser notado na agricultura após o aparecimento de formulações concentradas de fertilizantes. Em virtude do emprego de matéria-prima, para o preparo dessas formulações, sem enxofre ou somente com traços dele, iniciou-se um período de adubações com baixo teor desse elemento. Com isso, surgiu o aparecimento de sintomas de deficiência de enxofre, não só na cana-de-açúcar como também em outras culturas, fato que não ocorria com o emprego de formulações menos concentradas.

A queima de produtos que liberam enxofre na atmosfera, como madeira e óleo combustível, colabora para minimizar a deficiência desse produto no solo, através da água das chuvas que o arrasta, em grandes quantidades, combinado com o oxigênio do ar. Além desse processo, o enxofre pode ser incorporado ao solo através da água de irrigação ou mesmo pela pulverização de agroquímicos que o contenham como produto principal ou mesmo como um subproduto.

Os sintomas de sua deficiência aparecem primeiramente nas folhas jovens, sendo às vezes confundidos, em seus primórdios, com os sintomas de nitrogênio. As folhas novas perdem a tonalidade verde característica da variedade, tornando-se amareladas e, numa fase aguda, elas se tornam de tonalidade roxa. Em deficiências agudas, esses sintomas se manifestam também nas folhas mais velhas.

As deficiências são facilmente corrigidas com o emprego de adubações à base de sulfato de amônio, superfosfato simples, sulfato

de cálcio (gesso), sulfato de potássio e magnésio e outros que contenham, como elemento secundário, o enxofre. Dessa maneira, a sua incorporação ao solo se torna mais econômica.

## Microelementos

Os microelementos são, como o próprio nome indica, os necessários às culturas em doses, por vezes, infinitesimais, porém tão necessários quanto os macroelementos. Os microelementos essenciais à cana-de-açúcar são: o ferro e o manganês. Os demais têm uma importância secundária.

**Boro:** representa 0,1% do peso seco da planta inteira. Sua presença é marcante na matéria orgânica. Apesar do seu estudo, em plantas, já contar com mais de 50 anos, sua função é ainda hoje pouco conhecida. Esse elemento, a exemplo do cálcio, tem dificuldade em se translocar na planta, sendo a seca um fator que dificulta a sua assimilação.

Quando a análise foliar indicar um índice menor do que 0,01%, desse elemento, há necessidade de se fazer uma correção no solo, para que não se manifestem os sintomas de deficiências. Estes são notados nos órgãos mais jovens da planta, caracterizando-se por pequenas manchas cloróticas, paralelas aos tecidos vasculares das folhas. Quando a deficiência se torna pronunciada, a clorose se generaliza, havendo o secamento do ápice da folha, que é paralisado por completo. Nesse caso, o colmo não se desenvolve suficientemente, de acordo com as características da variedade, apresentando-se com um diâmetro muito mais fino, quando comparado ao colmo normal. Em alguns casos, essa deficiência é confundida com a doença de “Pokkah boeng”. As folhas novas apresentam pequenas lesões alongadas, aquosas e paralelas à nervura central. Com o tempo, essas lesões se tornam maiores, mostrando um fendilhamento. Nos solos cuja deficiência já se manifestou, torna-se necessário corrigi-los através de aplicações de ácido bórico ou de bórax.

**Cobre:** ele participa como um ativador do complexo enzimático da planta. A sua participação em cana-de-açúcar é mínima, pois contribui com 0,001% de sua matéria seca. No Estado da Flórida, EUA, esse microelemento foi limitante da cultura da cana-de-açúcar, em décadas passadas.

Os sintomas de deficiência geralmente ocorrem em solos ácidos (turfosos ou arenosos) ou naqueles que receberam pesadas calagens. As folhas de uma planta deficiente são mais largas e se apresentam com aspecto decumbente. A cor uniforme é geralmente interrompida por manchas mais ou menos retangulares. A aplicação de mais ou menos 50 kg de sulfato de cobre por hectare é suficiente para corrigir a deficiência que frequentemente se confunde com o mosaico, causado por vírus.

**Ferro:** é considerado um elemento essencial na síntese da clorofila e inúmeros são os fatores que influem na sua assimilação, cuja necessidade maior ocorre no início da brotação, diminuindo gradativamente com o desenvolvimento da planta. O excesso de cobalto, cobre, magnésio ou zinco pode inibir a absorção do ferro. Nesses casos, aparecem sintomas de deficiência de ferro. O mesmo fato ocorre quando se faz uma calagem pesada ou em solos de origem alcalina.

Os sintomas da deficiência de ferro (Fig. 17) ocorrem geralmente nas soqueiras, em forma de reboleiras, onde as folhas das plantas se mostram cloróticas. Raramente o fenômeno ocorre em cana-planta adubada organicamente com torta de mamona.



Foto: Clelia Stolf Cesnik

Fig. 17. Deficiência de ferro em canaviais de Carpina, PE.

Observando-se mais atentamente o fenômeno, nota-se que as folhas apresentam estrias sem clorofila, ao longo de todo o limbo foliar. Essas estrias são paralelas às nervuras das folhas, que mantêm a coloração verde, característica da variedade. Quando a deficiência é intensa e há uma persistência da carência, as folhas se tornam amarelo-esbranquiçadas. Muitas vezes essa deficiência é atribuída ao não enleiramento da palha ou quando este é mal feito. Entretanto, tem-se verificado que, em lavouras cuja palha foi queimada, o fenômeno também acontece. Os sintomas ocorrem mesmo em solos ricos em ferro, como no caso de Latosolo Roxo. Quando a deficiência se generaliza, o sistema radicular atrofia, resultando em plantas de porte pequeno. A deficiência de ferro é corrigida pela pulverização de sulfato ferroso ou de citrato férrico, na concentração de 0,5% a 1%.

A deficiência de potássio ocasiona um acúmulo de ferro na região nodal da cana, manifestando, por esse motivo, uma toxidez de ferro na planta.

**Manganês:** a exemplo do cobre, esse elemento também contribui com 0,001% do peso seco da planta, cujo maior acúmulo se encontra nos tecidos meristemáticos. Sherman (1957) verificou que o manganês controla vários sistemas de óxido-redução existentes nas plantas. Sua deficiência se caracteriza por uma coloração branco-amarelada das folhas, conservando, porém, os seus bordos com a cor verde característica. Muitas vezes a deficiência de manganês se confunde com a deficiência de ferro; entretanto, há uma diferença quanto à magnitude. Nesse caso, as estrias encontram-se somente do meio das folhas até suas pontas e nunca em todo o limbo foliar. Ela pode ser corrigida pela adição de 10 a 20 kg de sulfato de manganês, por hectare, aplicado diretamente ao solo ou mesmo em pulverização foliar.

**Algumas considerações sobre ferro e manganês:** há uma estreita relação entre ferro e manganês. Primeiramente, pode-se dizer que surgem sintomas de carência de um ou do outro elemento no solo, independentemente de haver carência dos mesmos no solo. Excesso de manganês pode provocar um desequilíbrio na relação Fe/Mn, aparecendo sintomas de deficiência de ferro. Alguns autores explicam que a carência temporária de ferro na planta é decorrente da decomposição rápida da matéria orgânica no solo. Os microorga-

nismos que decompõem essa matéria orgânica requerem uma série de elementos químicos presentes no solo, mas, quando não há um desses elementos ou ele está presente em quantidades insuficientes, aparecem os sintomas de deficiência. A estiagem prolongada provoca uma concentração dos minerais no solo, resultando em toxidez na planta, fenômeno que desaparece com o início das precipitações pluviais.

Apesar das recomendações para corrigir essas duas deficiências, não é recomendável fazê-las. Normalmente, os sintomas desaparecem decorridos 10 a 15 dias, não sendo aconselhável cuidados preventivos.

**Molibdênio:** sua disponibilidade está diretamente correlacionada com a elevação do pH no solo, e os excessos de nitrogênio propiciam o aparecimento dos sintomas da deficiência de Molibdênio na planta. O comportamento desse micronutriente é exatamente o inverso do comportamento apresentado pelo boro, cobre, ferro e manganês, cuja disponibilidade se verifica em solos mais ácidos.

A sua deficiência se caracteriza pelo aparecimento de estrias amarelas nos tecidos clorofíticos, estendendo-se nas folhas mais velhas, onde os sintomas se intensificam com a idade da planta. A deficiência de Molibdênio pode ser corrigida com uma aplicação de calcário no solo ou pela adição de 1 a 1,5 kg de molibdato por hectare.

**Zinco:** são poucas as informações da atuação do zinco em cana-de-açúcar. Foi constatado, por exemplo, que a síntese do triptofano não se processa em sua ausência. As plantas deficientes apresentam um nível de glicínia e soleucina aquém do normal. Sua maior concentração se localiza nos tecidos meristemáticos. Os primeiros sintomas de sua deficiência surgem ao longo das nervuras das folhas, pela descoloração da cor verde. Evans (1955) encontrou a concentração de 10 a 50 ppm de zinco na matéria seca da cana, determinando-a em diversas variedades e em locais diferentes.

**Alumínio:** ele tem sido estudado como o elemento que causa fitotoxicidade às plantas, retardando o desenvolvimento não só da cana como também de outras culturas. Em solos contendo alto teor de alumínio, deve-se empregar o calcário como corretivo.

## Floração

O florescimento da cana-de-açúcar representa a possibilidade da reprodução sexuada, desejável em qualquer programa de melhoramento genético, mas que deve ser evitado em cultivos comerciais, pelo plantio de variedades que não floresçam com facilidade. Durante o processo de seleção, as variedades que apresentam essa característica devem ser descartadas.

Em locais não propícios à floração, mas que haja necessidade de condução de um programa de melhoramento baseado nela, deve-se provocá-la por meios artificiais, permitindo, com isso, a obtenção de sementes em quantidades suficientes para supri-lo.

No capítulo sobre a botânica da cana-de-açúcar, estão descritos os seus órgãos florais.

### Condições e exigências

A escolha do local de cruzamentos deve levar em consideração os fatores que favoreçam o aparecimento de pendões florais dos progenitores a serem utilizados nos programas de melhoramento e a produção de pólen fértil. Este é produzido em temperaturas mínimas noturnas, acima de 17°C.

Deve haver facilidade de acesso ao local dos cruzamentos, uma vez que, no período dos experimentos, ele será visitado constantemente não apenas pelos funcionários envolvidos nas funções como também por técnicos, nacionais e internacionais, interessados em conhecer o trabalho ali desenvolvido. Um delineamento das parcelas que facilitem um trânsito livre entre as mesmas é desejável, pelos motivos expostos. Os espaçamentos entre as linhas de plantio não necessitam ser idênticos ao plantio comercial; pelo contrário, deverão ser maiores, para facilitar o transporte das panículas. O tamanho da parcela também deve ser semelhante, para propiciar um grande número de colmos florescidos.

### Problemas da floração

O florescimento é um fenômeno termo e fotossensível, indutível, cujo processo é cumulativo. Ele pode ser visualizado

seqüencialmente tal qual uma escada, cujos degraus são as etapas necessárias para se atingir o topo onde se processa o florescimento. É, porém, um processo reversível, pois, se qualquer fator vier lograr a floração, a planta continua o seu curso vegetativo. A fisiologia da floração foi estudada por vários técnicos de Barbados, Canal Point, Coimbatore e Ilha Maurício.

O processo de floração pode ser dividido didaticamente em quatro fases, apesar que na natureza ele se processa continuamente.

**Primeira:** compreende o período do aparecimento do ápice vegetativo à formação das flores. No Havaí, o seu intervalo situa-se entre 18 e 21 dias. Em Coimbatore, varia de 36 a 66 dias, com média de 49 dias. Não há, portanto, um período fixo e válido para todas as regiões. Sabe-se que a iniciação floral se processa quando houver um período com em torno de 12 horas e 30 minutos de luminosidade e, conseqüentemente, um outro de 11 horas e 30 minutos de escuridão. O desenvolvimento da inflorescência, ao contrário, necessita de um período de dias mais curtos, ou seja, somente de 7 a 11 horas de iluminação. Nesse intervalo, surgem as ramificações primárias e secundárias. As flores virão em seguida, caso haja de 12 a 12 horas e 30 minutos de luminosidade diária.

**Segunda:** inicia-se com o aparecimento dos estames. Essa fase varia de 28 a 35 dias, tendo como valor médio 32 dias. Essa fase é termossensível a 19°C e, quando essa temperatura diferir muito desse valor, a planta se comportará como macho estéril.

**Terceira:** as anteras emergem nesta fase, que varia de 49 a 71 dias, tendo, em média, 61 dias.

**Quarta:** é a última fase do processo onde finalmente aparece a panícula. Esta fase varia de 12 a 17 dias, com média de 14 dias.

Julien (1973) propôs uma outra divisão para o processo de floração. Este processo compreende sete etapas, sem, contudo, especificá-las em períodos de tempo. Na natureza, entretanto, ele se processa continuamente.

São as seguintes as etapas:

**Primeira:** inicia-se com a maturação do ápice vegetativo. Caso isso não ocorra, o crescimento vegetativo continua o seu curso normal.

**Segunda:** inicia-se com a formação da inflorescência. Há primeiramente um entumescimento da gema apical. As camadas externas dos tecidos meristemáticos se arranjam de forma espiralada. Se houver interrupção do processo, nessa etapa, há o aparecimento de internódios em forma de ziguezague e gemas espiraladas.

**Terceira:** nesta etapa, inicia-se a formação das ramificações primárias da panícula.

**Quarta:** a formação das ramificações secundárias da panícula inicia-se nesta etapa do processo .

**Quinta:** esta etapa se caracteriza pelo aparecimento dos primórdios florais, ou seja, pelo surgimento do primeiro estágio da flor.

**Sexta:** aqui inicia-se o aparecimento dos estames. Quando houver uma paralisação do processo nesta etapa, a planta se comporta como macho estéril.

**Sétima:** é a etapa que engloba o desenvolvimento dos estames, o aparecimento dos pistilos, a maturação das flores, a sua emergência e o seu completo desenvolvimento.

## Sincronização da floração nos cruzamentos

O florescimento das variedades nos programas de melhoramento é desejável e necessário. No entanto, nem sempre duas ou mais variedades, que se pretende cruzar, florescem ao mesmo tempo. Há casos em que há necessidade de se retardar ou de se antecipar a época do florescimento.

A fertilidade do pólen, das variedades masculinas, deve ser suficiente para polinizar a maioria das flores femininas no momento em que elas forem receptivas.

**Fotoperiodismo:** Burr (1950) demonstrou que a cana-de-açúcar é muito sensível à luz. Em 1946, ele evitou um início de florescimento por meio da quebra da dormência, por intermédio da luz. Já em Canal Point, James (1968) retardou o florescimento por 53 dias usando uma luminosidade de 12 horas e 30 minutos diárias, durante 6 semanas. O retardamento do florescimento de variedades que florescem precocemente é válido quando se deseja cruzá-las com outras de florescimento tardio.

A cana já é sensível à luminosidade quando os raios luminosos do sol e a linha do horizonte formam um ângulo de 3° a 5°. Esse fenômeno ocorre de 20 a 25 minutos antes de o sol nascer. É um período de insolação que passa despercebido aos menos avisados. O mesmo processo não ocorre quando o sol se põe.

**Temperatura:** o florescimento máximo acontece com temperaturas diurnas variando entre 29°C e 32°C e temperaturas noturnas variando entre 20°C e 25°C, mas com amplitudes que não ultrapassem a 8°C. Quanto menor for a amplitude das temperaturas diurna e noturna, tanto melhor serão a qualidade e a intensidade do florescimento.

A temperatura máxima de florescimento foi amplamente estudada por pesquisadores do Havaí. Eles determinaram o florescimento máximo a uma temperatura de 28°C, ao contrário de pesquisadores de outros locais, que encontraram um intervalo variando de 34°C a 35°C.

Já a temperatura mínima tem sido objeto de inúmeras discordâncias. Alguns afirmam que se consegue florescimento a temperaturas de 15°C, outros acreditam que a planta só floresce quando a temperatura mínima não for inferior a 19°C. No Brasil, entretanto, esse assunto necessita de muita pesquisa.

**Fertilidade do solo:** o florescimento da cana é favorecido por solos pobres em nitrogênio, fósforo e potássio. Os solos ácidos ou de perfil raso também beneficiam o florescimento. Quando se aplica nitrogênio, logo após o processo de desencadeamento do florescimento, ele é intensificado. O excesso, no entanto, inibe-o. No Havaí, quando se forneceu nitrogênio às plantações em pequenas quantidades, no mês de agosto, observou-se que não ocorreu o florescimento, havendo também uma alteração na relação carbono:nitrogênio.

A influência do potássio no florescimento da cana ainda não foi suficientemente estudada. No Havaí, a aplicação de potássio em solo cultivado com a variedade H 32-8596 favoreceu o seu florescimento. O mesmo não ocorreu com a variedade H 38-2915, que teve esse processo desfavorecido. Considerando-se que cada variedade tem um comportamento diferente em relação a esse fertilizante, o estudo desse comportamento, a princípio, deve ser considerado, independentemente, para cada variedade.

**Balanço hídrico:** a irrigação, de maneira geral, favorece o florescimento da cana-de-açúcar. Pode-se, entretanto, evitá-lo quando ela for manejada adequadamente. No México, por exemplo, o florescimento da variedade NCo 310 foi facilitado pela irrigação ininterrupta de 15 em 15 dias, durante todo o ciclo da cultura. Já em parcelas em que a irrigação foi suspensa no período compreendido entre 10 de agosto e 20 de setembro, as plantas não floresceram.

**Produtos químicos:** a floração da cana pode ser inibida pela aplicação de pequenas doses de produtos químicos, pulverizados em suas folhas. Os mais utilizados são: ANA (ácido naftaleno acético), HM (hidrazina málica), CMU (cloro metil úrico) e DCMU (dicloro metil úrico). O produto ANA reduziu, somente em alguns casos, o florescimento. Já o CMU, quando aplicado entre 1º e 10 de setembro, controlou satisfatoriamente o florescimento da cana, para as condições do Havai.

Os inibidores de florescimento aumentaram de 15% a 20% a produtividade de cana em t/ha tanto para uma variedade florescida como para uma variedade não florescida.

**Poda das folhas:** este é um procedimento de retardamento ou de adiantamento do processo de floração da cana. Essa ação deve ser iniciada assim que se notar os primeiros indícios de florescimento. Para tanto, com o auxílio de uma lupa, examinam-se três colmos da variedade a ser pesquisada. Assim que a gema apical estiver se transformando em gema floral, inicia-se o processo de poda. Desejando-se um retardamento do processo, tiram-se folhas mais jovens; caso contrário, tiram-se as folhas mais velhas.

**Época de plantio:** Singh (1975), em Coimbatore, estudou um grupo de variedades das siglas Bo, Co, CoS e NCo, plantando-as todas em um período compreendido entre os meses de novembro e maio. Verificou que a maior parte delas floresceu entre abril e maio do ano seguinte. Nesse grupo, foi estudada a variedade Co 419, cujo plantio, em São Paulo, na década de 60, atingiu a cifra de 50% da área de cana do estado. Algumas dessas variedades estudadas, entretanto, iniciaram o florescimento no início de junho. Dentre elas, encontrava-se a Co 740.

**Latitude:** o período de luminosidade influencia o florescimento da cana-de-açúcar. Tomando-se como constante todos os outros

fatores, pode-se afirmar que seu florescimento depende da relação entre o local de plantio e a linha do equador.

Arceneaux (1974), estudando o florescimento de algumas variedades no Hemisfério Norte, no período compreendido entre os dois solstícios, notou que a diferença entre o dia mais curto e o dia mais longo variava de acordo com a latitude. Ele encontrou os seguintes valores: Latitude  $10^{\circ}$ , variação de 1 hora e 9 minutos; Latitude  $20^{\circ}$ , variação de 2 horas e 25 minutos e Latitude  $40^{\circ}$ , variação de 5 horas e 42 minutos. Determinou que a mesma variedade, em latitudes diferentes, se comportava de acordo com o seguinte esquema: o florescimento da Latitude  $20^{\circ}$ , quando comparado com o florescimento da Latitude  $10^{\circ}$ , foi menor do que a metade do florescimento encontrado na Latitude  $10^{\circ}$ . O florescimento da Latitude  $30^{\circ}$  foi menor do que um terço daquele verificado na Latitude  $10^{\circ}$ , e o florescimento da Latitude  $40^{\circ}$  foi de aproximadamente um quinto daquele florescimento encontrado na Latitude  $10^{\circ}$ . No Brasil, o florescimento é mais intenso nas latitudes Sul compreendidas entre  $5^{\circ}$  e  $15^{\circ}$  e que na Latitude  $0^{\circ}$ , raramente uma variedade floresce.

O florescimento é um fator positivo quando se deseja a produção de sementes para programas de melhoramento genético da espécie. Entretanto, é um fator negativo quando a cana se destina à indústria, uma vez que, além de parar sua vegetação para emitir a inflorescência, a planta gasta suas reservas em nutrientes que poderiam contribuir para o aumento de sua produtividade em matéria verde e de sua riqueza em açúcar. Para evitar o florescimento em variedades comerciais, procura-se realizar os cruzamentos em latitudes distintas daquelas em que serão selecionadas e cultivadas as novas variedades.

**Altitude:** a altitude é limitante da produtividade da cana a partir dos 700 m, nos trópicos, e de 1.000 a 1.200 m próximo à linha do equador. Algumas variedades são mais sensíveis do que outras à altitude. Nesse caso, deve-se considerar também a amplitude de temperatura entre o dia e a noite.

A luminosidade pode ser prejudicada pela neblina em certas altitudes sujeitas ao fenômeno formado pela condensação da umidade do ar provocado pelo abaixamento da temperatura. Nesse caso, observa-se uma redução do vigor da planta no período vegetativo, e, na época da maturação, há uma redução na formação da sacarose.

## Influência do Vento

A ação do vento sobre os canaviais altera as funções fisiológicas das plantas e causa inclusive danos mecânicos, quando o vento atinge uma determinada intensidade. Tais danos mecânicos são comparáveis ao efeito de um rolo compressor. Em ambos os casos, ocorre uma diminuição de produtividade. Outro efeito do vento é a propagação de patógenos, doenças e sementes de ervas daninhas.

A superfície exposta do solo de canaviais pouco desenvolvidos perde umidade por evaporação, em virtude da ação dissecativa do vento. Canaviais com colmos mais desenvolvidos, por sua vez, podem ser acamados pela ação mecânica dos ventos. Os colmos deitados sofrem alterações fisiológicas que comprometem a qualidade da matéria-prima, bem como o produto a ser extraído.

A ação do vento é sempre dupla, provocando danos direta e indiretamente:

**Direta:** quando a cana-de-açúcar é danificada pelo impacto da força mecânica do vento, provocando a quebra dos colmos ou a eliminação da soqueira por erradicação.

**Indireta:** quando os danos provocados pela perda de qualidade intrínseca da cana-de-açúcar resultam na redução da riqueza da matéria-prima entregue na usina.

Para reduzir a ação do vento, recomenda-se escolher variedades com taxa de perfilhamento elevada, a fim de aumentar a densidade de colmos por área, sem contudo reduzir o espaçamento entre os sulcos. Em FT3, terceiro estágio de seleção do programa de melhoramento, é a seleção do fator tenacidade que determina a resistência do clone para a ação do vento. Alguns programas têm esquemas específicos de seleção para o problema do vento, que ocasiona a quebra dos colmos das canas não resistentes ou mesmo deita os colmos de todo o canavial (Fig. 18 e 19).

### Origem das ventanias

Geralmente, o vento resulta do deslocamento de uma massa de ar, que se movimenta horizontalmente e que provém de um centro



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 18.** Aspecto de canavial danificado pelo vento em virtude da baixa tenacidade de variedade plantada na região compreendida entre Araras e Piracicaba, SP.



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 19.** Outro aspecto de um canavial derrubado pelo vento na Usina Capuava, em Piracicaba, SP.

de alta pressão barométrica, deslocando-se para uma zona de baixa pressão. Essa definição simples aplica-se também aos ventos tipo turbilhão dos ciclones, que apresentam calmaria no centro do turbilhão, com as maiores velocidades verificadas na periferia do ciclone. Esses são, portanto, objeto de pesquisa em várias partes do mundo.

A Universidade do Estado do Colorado, EUA, dispõe de um departamento de pesquisas para ciclones e tempestades tropicais. Os observadores do Serviço de Previsão Meteorológica dessa universidade estudam a formação de ciclones, que ocorrem na região do Caribe, a partir de dados colhidos no solo, em estações de rastreamento, e em altitude com balões-sonda.

Um outro caso típico são as chuvas da África Ocidental. As águas quentes do mar trazem calor e umidade para a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT. À medida que o sistema é empurrado para leste por ventos em altitudes superiores, e, na superfície, por ventos alísios, cria-se uma zona de baixa pressão. Quando ocorre essa situação na ZCIT, o vento pode alterar seu percurso e sua força, transformando o que seria um simples temporal numa tempestade tropical.

Esse fenômeno também ocorre nas águas quentes do Caribe, onde o vento ganha força com o calor da corrente marítima, transformando uma tempestade em furacão. Os pesquisadores americanos estabeleceram uma classificação dos ventos (Tabela 3) conforme os danos potenciais dos furacões.

Os ventos alísios constantes resultam de uma zona de pressão média, característica das regiões intertropicais, situadas entre as zonas subtropicais de alta pressão (aproximadamente paralelo 30) e as de baixa pressão equatoriais nos dois hemisférios. O ar converge para o equador, porém, com a rotação da Terra, há um desvio dos ventos para a direita no Hemisfério Norte, e para a esquerda no Hemisfério Sul. Fala-se portanto em alísios boreais (NE-SO) e em alísios austrais (SE-NO). Flutuações sazonais dos desvios dos alísios provocam a formação do fluxo das monções, que marcam o início do período das chuvas nos países do Oceano Índico.

Nessas zonas tropicais e subtropicais, onde sopram os ventos alísios, estão justamente situadas as regiões de maior cultivo de cana-de-açúcar. No nível do mar, os ventos alísios possuem uma

**Tabela 3.** Categorias de furacões - Escala Saffir - Simpson.

Nota	Denominação	Velocidade km/hora	Pressão barométrica
	Tempestades tropicais	65-118	>730 mm
	Furacões	>120	>723 mm
1	Mínima	118-152	723-722 mm
2	Moderado	153-176	721-712 mm
3	Ampla	177-208	711-697 mm
4	Grave	209-248	698-679 mm
5	Catastrófica	>248	>680 mm

velocidade constante de aproximadamente 20 km/h. Quando uma zona de baixa pressão se forma, há possibilidade de formação de temporais muito violentos. Nesse caso, os ventos podem superar a marca de 120 km/h. A tempestade é curta e dura de 1 a 2 horas. O dano mais comum é o acamamento dos canaviais, que podem levantar-se parcialmente nos dias seguintes.

Uma pesquisa sobre dados meteorológicos colhidos na Austrália por um longo período revelou que há uma correlação entre certos níveis térmicos e a formação de ciclones. Segundo essa pesquisa, quando a água do mar atingiu 26°C, numa profundidade de até 60 metros, no Oceano Pacífico, houve formação de ciclones. A esse fenômeno associou-se a elevação dos níveis de concentração de CO<sub>2</sub> no mar. Esse aumento deve provir do carbono 14, presente em virtude da ação de raios cósmicos. O carbono 14, precipitado pelas chuvas, provoca elevação do teor de CO<sub>2</sub> em até 5% na água do mar, elevando a temperatura do ar em 4°C a 8°C, aumentando conseqüentemente a evaporação. Foi uma série de fenômenos como esses que deu origem à formação do El Niño.

## Tipos de ciclones

Os ciclones tropicais aparecem portanto em épocas quentes, no final do verão, e em determinadas regiões das zonas subtropicais

do globo. Na região sudeste do Atlântico Norte (Caribe), os ciclones chamam-se “furacões”, e na região sudeste do Pacífico Norte (Havaí) denominam-se “tufões”. Os ciclones ocorrem também no Oceano Índico, ao norte da Índia e ao sul do Arquipélago das Ilhas Mascarenhas. O perímetro oriental do Atlântico Norte (Portugal), a zona equatorial do Atlântico Sul (Brasil) e a região oriental do Pacífico Sul são, todavia, raramente afetados por ciclones tropicais.

Os ciclones formam-se sobre os oceanos na ausência de frentes frias de origem polar. Os isóbares em volta do “olho” do ciclone são circulares e possuem um diâmetro de cerca de 20 km. A pressão atmosférica interior, em geral, é inferior a 950 Mb. Ao formar-se, o ciclone desloca-se girando a uma velocidade inferior a 25 km/h. Sua trajetória é parabólica e orienta-se de leste para oeste. Ao atingir o continente, seu raio de ação aumenta de 24 para 240 km, e seu gradiente de força eleva-se a mais de 200 km/h. Os ciclones extratropicais possuem estrutura frontal e podem aparecer em qualquer época do ano e região do globo. Estes deslocam-se a velocidades que podem alcançar 120 km/h.

Tornados tropicais são perturbações atmosféricas que se apresentam sob forma de uma grande nuvem preta, da qual sai um prolongamento parecido a uma tromba de elefante. Torneando rapidamente, ele produz um redemoinho que pode arrancar faixas de canaviais e arrancar telhados. Esse tipo de vento afeta faixas restritas de cerca de 400 m de largura, e sua velocidade de deslocamento não ultrapassa uma centena de km/h, sem rota previsível. As regiões mais afetadas são as Ilhas do Caribe e os estados do sudeste dos Estados Unidos.

Em 30 de setembro de 1992, ocorreu um tornado na cidade de Itu por volta das 18h30. O período de maior intensidade teve duração de 12 minutos, e a velocidade estimada em função dos danos causados foi de 120 km/h.

## Ventos frios

O vento, por sua ação dissecativa, acentua a evaporação nas plantas. Quando essa ação se intensifica demais, a planta não consegue compensar as perdas, mesmo aumentando a circulação

de seiva. Esse desequilíbrio provoca a destruição das partes mais sensíveis. Em geral, são as folhas as primeiras as sofrerem os efeitos, especialmente quando a temperatura se aproxima de 10°C.

No inverno, portanto, os ventos frios com pouca umidade são os mais prejudiciais. Um vento constante de 10 km/h, em uma temperatura ambiente de 4°C, com duração de algumas horas durante a madrugada, antes de o sol levantar-se, destrói, no caso da cana, a clorofila das folhas novas logo acima da gema apical. Esses danos são visíveis pela faixa esbranquiçada que aparece assim que as folhas se libertam da bainha. Temperaturas mais baixas ainda provocam a queima das folhas e a destruição da gema apical.

## Ventos e a cana-de-açúcar

A ação dos ventos sobre a cultura da cana-de-açúcar define-se pela redução de produtividade. As alterações são observadas em dois níveis:

- Redução do volume na colheita, seja pela quebra e destruição dos colmos acamados, seja pelo crescimento menor.
- Perda da qualidade dos colmos tombados, pela diminuição do teor de sacarose.

A intensidade dos danos varia conforme o estágio de desenvolvimento do canavial. A escala de estragos é proporcional à flexibilidade ou resistência dos colmos ao impacto e velocidade do vento. A flexibilidade ou resistência do canavial depende da idade e da variedade.

Durante o primeiro estágio de formação do canavial, a cana atinge cerca de 1 m de altura e sua massa vegetal é principalmente constituída pelo leque foliar. Por essa massa ser bastante flexível, o risco de quebra do colmo pelo vento é diminuto. No segundo período, quando a proporção do colmo aumenta, ultrapassando mais da metade da massa total, o canavial torna-se um obstáculo mais rijo. O impacto do vento provoca a quebra do colmo na sua parte mais velha e quebradiça, ou seja, logo acima do solo. Ventos constantes e de baixa intensidade podem ser considerados como um dos fatores climáticos, que, dentro dos limites de tolerância da idade da cana, são apenas um componente ambiental. Alternâncias entre períodos

de calmaria ou brisas fracas e de rajadas de curta duração e com velocidade em torno de 6 km/h não prejudicam a cana.

Dentro desses parâmetros, o vento não tem efeitos nocivos sobre a vegetação normal da cana-de-açúcar. Essa movimentação de ar possui até aspectos positivos, tal como contribuir para a homogeneização da mistura gasosa do ambiente do canavial, assim como para o equilíbrio térmico do clima regional.

Os ventos são considerados de baixa intensidade quando a curvatura provocada está dentro do limite da flexibilidade do vegetal, sem causar danos físicos. Segundo observações feitas no Havaí, a resistência mecânica da parte aérea da cana é capaz de absorver o impacto de um vento de até 30 km/h por algumas horas do dia. Essa exposição não afeta a estrutura nem o crescimento normal da cana.

A ação contínua de ventos dominantes altera as funções fisiológicas da planta. A curvatura das folhas sempre no mesmo sentido modifica a posição natural do leque foliar, interferindo na recepção de energia durante o período diurno, além de provocar uma evapotranspiração mais intensa. As perdas de produtividade em razão do efeito dos ventos constantes foram determinadas experimentalmente por Varret & Lennan (1927). No experimento foi utilizado um ventilador com um sopro de ar calibrado. A umidade do solo foi mantida em condições ótimas. Com essa simulação, as perdas de peso foram de 14%.

## Efeitos dos ventos sobre o metabolismo

Nas regiões canavieiras afetadas pela passagem de ciclones, o nível dos estragos físicos provocados pela violência da ventania independe da duração do fenômeno. É porém o impacto do vento que arranca as touceiras e quebra os colmos de um vegetal inerte. Nas Ilhas Maurício, conforme observações feitas durante 10 anos por Halais (1964), a quebra média da produção da cana dos anos ciclônicos em relação aos anos normais é de 10%, atingindo excepcionalmente em um ano 33%. Além disso, as perdas de riqueza são de 1,2% a 4%. Após a passagem de um vendaval, os prejuízos constituem-se de colmos quebrados e arrancados. Estes estão irremediavelmente perdidos se não forem recolhidos imediatamente,

principalmente se a cana estiver madura. Entretanto, os colmos curvados possuem ainda condições de vegetar. Após alguns dias, a parte superior do colmo e o ponteiro com o leque foliar restabelecem a posição vertical, por heliotropismo.

Os colmos deitados e ainda ligados ao sistema radicular sofrerão modificações em suas funções fisiológicas, embora o leque foliar restabeleça uma posição normal. A parte do colmo em posição horizontal sofre uma inversão enzimática, correspondente à atividade reprodutiva do vegetal, tal como se fosse um tolete de muda. As raízes e as gemas laterais começam a desenvolver-se. Essa nova atividade da planta surge com as reservas suculentas armazenadas no colmo. Assim, o teor de sacarose diminui com o aumento dos açúcares redutores. Esse fenômeno ocorre em todos os canaviais acamados, com intensidade variável de acordo com a variedade.

Notou-se uma diferença acentuada de comportamento varietal tanto no que diz respeito às riquezas das canas curvadas quanto ao número dos colmos danificados no arquipélago do Havaí, que possui clima tropical quente e úmido. Apesar dessas excelentes condições de vegetação da cana durante o ano inteiro, essas ilhas estão situadas na trajetória de ventanias violentas que deitam os canaviais. Considerando-se tais condições de cultura, foram relacionadas variedades aptas a vegetar após o acamamento até completarem o ciclo vegetativo. A flexibilidade e a resistência à quebra dos colmos com um sistema radicular bem implantado são pré-requisitos de seleção dos clones. Para a maturação, procuram-se variedades de maturação por idade fisiológica. O potencial de produção agrícola dos canaviais havaianos é da ordem de 10 t/ha/mês, mesmo com a incidência de ciclones. A riqueza média, porém, é um pouco inferior às variedades eretas cultivadas no Brasil.

Na região de Araraquara, SP, na Usina Santa Fé, no dia 10 de março de 1984, uma tempestade tropical acamou parcialmente os canaviais mais desenvolvidos. No mesmo dia, analisou-se a cana. Após 10 dias, procedeu-se a nova amostragem e análise dos colmos acamados e dos colmos que ficaram em pé. Várias amostragens e análises sucederam-se periodicamente, permitindo concluir que a maturação deu-se sempre com riqueza menor nos colmos acamados do que na cana ereta, como mostra a Tabela 4.

**Tabela 4.** Dados de ART para colmos eretos e acamados, da variedade SP 71-4156, no período de 10 de março a 20 de junho de 1984, na Usina Santa Fé, em Araraquara, SP.

Amostragem	Colmo ereto ART	Colmo acamado ART	Redução ART %
10 março	11,81	11,81	0,00%
20 março	13,55	12,87	5,01%
3 abril	14,72	14,11	4,14%
28 maio	16,54	15,75	4,77%
15 junho	17,82	16,81	1,80%
20 junho	22,44	21,35	5,66%

ART = resistência ao tombamento.

Esses resultados confirmam as experiências de Borden (1942), que fez um experimento em vasos. Após 8 meses de vegetação, a metade dos vasos foi inclinada. Decorridos 5 meses, a cana do ensaio foi colhida e analisada. A redução de riqueza foi menor na parte inferior do colmo deitado do que na metade superior. Notou-se a formação de amido na parte inferior, proveniente da inversão da sacarose.

Na Colômbia, onde o clima é favorável ao crescimento o ano inteiro, notou-se a formação de amido na cana que atinge a idade de 14 meses. Essa formação também foi observada na África do Sul, na Índia e nas Ilhas Maurício, segundo Dillewijn (1952).

## Vento e desenvolvimento do sistema radicular

O sistema radicular da cana possui, além da função nutricional, a função fixadora da planta ao solo. Essa estrutura de sustentação pode adaptar-se a influências de agentes externos, como a desagregação do solo e o vento, que modificam o ambiente de vegetação. As touceiras expostas ao vento nas bordas dos canaviais, do lado que sopra o vento dominante, apresentam um crescimento inferior e um aumento do sistema radicular. Touceiras expostas ao vento em comparação com outras protegidas possuem um volume de raízes

maior. O peso obtido após dissecação em estufa foi de 37,2 g de raízes, para as touceiras expostas ao vento, e de 25,4 g de raízes, para as touceiras protegidas do vento.

Também foram constatadas diferenças na distribuição vertical das raízes. Há uma concentração de cerca de 60% do sistema radicular em uma camada do solo de até 30 cm de profundidade quando as touceiras ficam expostas ao vento. Essa proporção fica reduzida a apenas 40% quando as touceiras estão protegidas. No Brasil, observa-se esse fenômeno em Campos, RJ, onde o vento dominante sopra do sudeste; em Goiás, no mês de agosto, o vento do nordeste é constante, impedindo muitas vezes a aplicação de herbicidas.

## **Influência da maresia**

A cultura de cana-de-açúcar em planícies do litoral, à beira-mar, fica exposta aos ventos marítimos, que provocam a evaporação da água do mar, carregando cloreto de sódio, que é precipitado pelas águas de chuvas. Assim, pela ação do vento, uma solução sódica deposita-se nas folhas. Esse depósito de salinidade reduz a capacidade de absorção de água da planta, resultando num aumento da pressão osmótica. A redução do crescimento traduz-se por uma função linear em relação ao aumento da pressão osmótica, em virtude da saturação de diversos sais. As folhas secam prematuramente, reduzindo a fotossíntese. O resultado é uma maturação mais lenta e uma riqueza prejudicada.

Alguns resultados favoráveis foram obtidos com a aplicação de gesso (sulfato de cálcio), cuja propriedade é lixiviar o sódio e abaixar o pH. Portanto, canaviais formados no litoral e submetidos a ventos constantes, vindos do mar, com velocidades superiores a 30 km/h, podem sofrer uma sensível queda de produtividade, em decorrência da taxa elevada de evapotranspiração, acentuada pela ação do cloreto de sódio.

## **Disseminação de patógenos**

As doenças da cana-de-açúcar propagam-se por diferentes meios. As doenças provocadas por bactérias e vírus são mais

frequentemente transmitidas pelo facão, durante a colheita da cana, ou por picadas de insetos. As moléstias provocadas por fungos, entretanto, são disseminadas pelo vento, que leva os esporos em partículas de poeira.

Ventos com determinadas características de temperatura e umidade são veículos muito eficientes na transmissão de germes, doenças e pragas a longas distâncias. No Brasil, a introdução do carvão (*Ustilago scitaminea*) foi constatada em 1946 e teve uma difusão pelo vento extremamente rápida. A recente propagação da ferrugem (*Puccinia melanocephala*), ocorrida em 1985, também se deu pela ação do vento. Outro caso foi o mosaico - “Sugarcane Mosaic Virus” - SCMV (gênero *Potyvirus*, família *Potyviridae*), que foi introduzido na América do Sul por mudas contaminadas, em 1920. A disseminação, inicialmente local, ocorreu provavelmente pela ação de afídeos contaminados, que o vento distribuiu por áreas vizinhas em plantas hospedeiras.

Muitos insetos predadores alimentam-se de cana-de-açúcar, porém sem transmitir doenças. Eles são trazidos por ventos dominantes, tal como é o caso dos gafanhotos. Originalmente, esse inseto foi trazido da África pelos ventos alísios. Com o tempo, ocorreram várias mutações, dando origem a novas espécies, mais adaptadas às condições ambientais da América do Sul. No inverno, os ventos dominantes carregam nuvens de gafanhotos a distâncias consideráveis para regiões de campos nativos e para áreas abertas e cultivadas com arroz e cana-de-açúcar. A voracidade dos insetos é impressionante; na fase adulta, eles chegam a comer quatro vezes o seu peso por dia.

Rajadas de vento descontínuas, por sua vez, ajudam na disseminação de focos de infestação de outros insetos. Assim, por exemplo, são levadas as colônias de mariposas, insetos causadores da broca-da-cana-de-açúcar (*Diatrea saccharalis*). Na fase de acasalamento e postura, as mariposas sobrevoam as folhas verdes do leque e, como não oferecem nenhuma resistência às movimentações de ar com velocidade superior a 6 km/h, podem ser levadas por rajadas de vento para locais distantes do foco de origem. A mariposa deposita ovos apenas quando encontra uma área em calmaria. Se a vegetação do local é constituída de cana ou de plantas hospedeiras favoráveis à reprodução, estabelece-se um novo foco.

## Estimativa de quebra de produtividade

Nas Ilhas Maurício, Halais (1964) estima que os estragos ocasionados por um ciclone são proporcionais ao quadrado do excelente, em relação a 50 km/h de velocidade média à mais elevada observada durante uma hora. Halais estabeleceu, assim, uma fórmula empírica dos danos à colheita:

$$D = 0,0104 (V - 48)^2 \times S \times M$$

Em que:

D = danos sobre a produção normal

S = coeficiente de localização (0,76 a 1,46)

M = coeficiente da época da ventania (para janeiro: M = 1)

V = velocidade em km/h

A redução de produção de um canavial atingido por ciclone 4 a 5 meses antes da safra, conforme adaptação da fórmula de Fauconnier & Bassereau (1970), é de cerca de 50%, e há uma perda de açúcar de 22%, provocada pelo desequilíbrio fisiológico, em virtude do acamamento.

A fórmula de Halais baseia-se nas observações dos anos de 1955 a 1964, período em que, durante 3 anos, ocorreram ciclones e, em 7 anos, não houve. A Tabela 5 mostra a perda de riqueza da cana conforme a velocidade dos ventos.

**Tabela 5.** Perda de riqueza sacarina, em cana-de-açúcar, conforme as diferentes velocidades dos ventos.

Velocidade dos ventos	Perda de riqueza
Até 30 km/h	Não houve
De 40 a 50 km/h	De 0,3% a 0,4%
De 50 a 70 km/h	De 0,8% a 1,6%
De 80 a 70 km/h	De 1,3% a 3,5%
De 100 a 110 km/h	De 1,9% a 6,3% <sup>b</sup>

A quebra de produção, em virtude dos colmos destruídos, é de 20% a 25%, conforme a intensidade dos ventos.

## Características morfológicas

As variedades de cana-de-açúcar de porte ereto têm uma maior aptidão não somente para controlar o tombamento e evitar as perdas de sacarose, mas igualmente para melhorar a eficiência da colheita mecanizada. Atualmente, com o corte manual da cana tombada, há uma grande perda de pedaços nos caminhões de transporte, o que pode significar uma redução de 25% ou 30% da capacidade de carga. Esse aumento de custo é proporcional à distância entre os canaviais e a usina.

Breaux (1971), melhorista da Estação Experimental de Baton Rouge, EUA, faz um alerta para que os cruzamentos e a seleção dos clones levem em conta a resistência ao tombamento, além da avaliação das características para a colheita. O Centro de Investigación de Caña de Azúcar de Colombia – Cenicaña – possui um programa de pesquisa para seleção de clones resistentes ao tombamento, por ser um fator limitante do aumento de produtividade (Amaya, 1995).

Um dos principais pontos de observação é a rigidez do colmo, que está ligado à distribuição dos feixes fibrovasculares em maior número na periferia, logo abaixo da epiderme, possuindo uma estrutura extremamente coesa para formar um anel mais resistente. O exemplo clássico dessa estrutura de resistência do colmo ao arqueamento é a Co 413. Outro fator muito importante para evitar o tombamento está ligado às características morfológicas do sistema radicular. Cada vez que aumenta o tamanho do colmo ereto, o efeito de alavancagem é maior sobre o sustentáculo, constituído pela parte subterrânea, formada pelos rizomas e pelas raízes. Atualmente, o modelo ideal de sistema radicular é o da SP 70-1143. É, portanto, aconselhável selecionar clones com maior taxa de perfilhamento, para aumentar a produtividade e equilibrar melhor os esforços mecânicos da base de sustentação.

# Métodos de Melhoramento

**O**s programas de melhoramento vegetal proporcionam ao pesquisador expectativas inéditas, pelos resultados que eles possam obter. Este capítulo aborda algumas teorias sobre o melhoramento vegetal, a fim de que o leitor possa se situar no enfoque voltado para a cana-de-açúcar, objetivo desta obra.

O sistema reprodutivo da variedade vegetal determina as linhas gerais da metodologia a ser empregada no seu processo de melhoramento. Dessa maneira, ele é fundamental no método a ser adotado. Considerando-se esse sistema reprodutivo, as espécies vegetais podem ser classificadas em autógamias e alógamas. Estas se referem às plantas que se reproduzem por polinização cruzada, e aquelas, às que o fazem por autofecundação.

Nas populações alógamas, todos os indivíduos são altamente heterozigotos, e a endogamia provoca uma queda geral de vigor nessa população. Quando comercialmente a planta se reproduz pela via

assexuada, como é o caso da cana-de-açúcar, inúmeros esquemas, que não os tradicionais, tornam-se possíveis de serem utilizados.

A classificação de uma planta em alógama ou autógama pode ser realizada pelo simples exame de sua estrutura floral. O plantio isolado da espécie, sem a interferência de protetores artificiais, pode determinar a sua alogamia pela não existência de sementes. Há espécies alógamas, como o milho, que são altamente autoférteis. Para se determinar a autogamia, lança-se mão da endogamia.

Além da alogamia e da autogamia, deve-se pesquisar a taxa de cruzamento natural. Para isso, intercalam-se genótipos marcadores, com um gene recessivo e/ou seu alelo dominante correspondente. Colhem-se as sementes das plantas que contêm o alelo recessivo e determina-se a taxa de cruzamento, pelo aparecimento de indivíduos dominantes. Esse mesmo processo é utilizado para o estabelecimento das distâncias a serem guardadas, entre plantios diferentes, a fim de se evitar o aparecimento de contaminações espontâneas. É desejável que se façam pesquisas semelhantes, para os vários tipos de genótipos a serem estudados, em diferentes condições ambientais.

Os procedimentos de seleção utilizados para o melhoramento de variedades alógamas são os mesmos daqueles utilizados para as autógamas, porém, os resultados obtidos no final do melhoramento são diferentes, uma vez que a estrutura populacional entre os dois tipos de reprodução também diferem entre si.

## Variedades Autógamas

A autopolinização conduz qualquer população a uma condição de homozigose, qualquer que seja o número de pares de genes envolvidos no processo. As populações encontradas no seu estado natural em homozigose são compostas por diferentes classes de famílias homozigóticas.

Johannsen estabeleceu as bases genéticas das linhagens puras como “uma progênie obtida por autofertilização de um só indivíduo homozigoto”. Os experimentos de Johannsen com feijão forneceram os fundamentos da seleção e as suas conseqüências. Johannsen mostrou também a diferença básica existente entre fenótipo e genótipo, criando com isso a base científica da seleção. A sua tese é válida

para experimentos de curta duração, não afetados por variações genéticas espontâneas, resultantes de mutações naturais responsáveis pela grande diversidade do material genético encontrado nas coleções de germoplasma (Allard, 1971).

As mutações constituem a matéria-prima para a obtenção de tipos novos e diferentes de plantas. As mutações, de características quantitativas, não são quase estudadas, em razão das grandes dificuldades técnicas a respeito.

Entre os métodos de melhoramento mais utilizados em populações autógamas, podem ser citados:

- Seleção massal.
- Seleção de linhas puras.
- Vigor de híbrido na geração  $F_1$ .
- Hibridação interespecífica ou intervarietal. Nesse caso, as gerações segregantes podem ser selecionadas por um dos seguintes métodos: pedigree, população ou retrocruzamento.

A exemplo da autofecundação, o processo de retrocruzamento, para o progenitor homozigoto, conduz a população a uma homozigose.

## Variedades Alógamas

Dobzhansky (1951) descreveu as populações alógamas como “uma comunidade reprodutiva composta de organismos de fertilização cruzada, nos quais participam um mesmo conjunto de genes”. De maneira mais generalizada, pode-se dizer que variedades alógamas são aquelas em que os indivíduos componentes se acasalam livremente.

Todas as espécies de plantas alógamas são heterozigotas, cuja heterozigose deve ser mantida, para que haja uma produtividade satisfatória. O importante não é manter a heterozigose durante todo o processo de melhoramento. O que importa é vê-la restaurada no final do processo.

A estrutura floral da espécie deve ser levada em consideração pelos programas de melhoramento. Assim, no milho, por exemplo,

as inflorescências estaminadas e pistiladas, pela maneira em que estão separadas umas das outras, permitem aos melhoristas executarem tanto autofecundações como cruzamentos controlados com extrema facilidade. Por esse motivo, o milho se presta à produção de sementes híbridas. A aplicação prática dos estudos teóricos teve grande impulso na quarta década do século 20. É importante a preservação de genótipos estáveis para que o híbrido possa se conservar fenotipicamente o mesmo, ano após ano.

Historicamente, a seleção massal tem sido o método mais importante pelo qual se desenvolveram as variedades de inúmeras espécies alógamas. A variedade de cana Ragnar, por exemplo, foi obtida por esse processo.

Os métodos mais utilizados no processo de melhoramento de plantas alógamas são:

- Seleção massal.
- Variedades sintéticas a partir de genótipos selecionados.
- Vigor de híbrido na geração  $F_1$ .
- Seleção recorrente.

A cana-de-açúcar encontra-se inclusive em alguns desses métodos, que são detalhados neste livro, para que possam ser empregados nos estudos teóricos e práticos de melhoramento dessa cultura.

## Filosofias Básicas do Melhoramento da Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar apresenta dois tipos de reprodução: sexuada e assexuada. A reprodução assexuada é a maneira comercial de multiplicá-la, e a sexuada é utilizada em programas de melhoramento, mas que não prescindem, de maneira alguma, da assexuada.

Alguns melhoristas acreditam que, para se escolher um bom progenitor, basta, tão-somente, que se tenha um olho clínico bem acurado. Esses mesmos melhoristas crêem ainda que conhecimentos básicos de genética e melhoramento de plantas possam ser substituídos por um bom treinamento prático. No entanto, o sucesso de

todo e qualquer programa de melhoramento deve estar alicerçado em bases científicas. Não se deve utilizar métodos empíricos ou mesmo ter um procedimento amadorístico no momento de se efetuar os cruzamentos ou da seleção do material genético. A condução de maneira científica não deve ceder lugar à improvisação e às tomadas de decisões de última hora. O planejamento a priori deve ser feito por aqueles que queiram ter sucesso em seus resultados.

**Linha nobre:** a utilização deste método de melhoramento, em cana-de-açúcar, tem somente valor histórico. Sua utilização na obtenção de variedades comerciais transcorreu em um período de curta duração. Atualmente, ele é utilizado na preservação de progenitores com grande potencial de sacarose, com a finalidade de conservá-los em bancos de germoplasma para futuros cruzamentos com variedades que contenham genes resistentes às pragas e/ou doenças. Na verdade, o que na prática é denominado de variedade não passa de um híbrido intervarietal, cujo termo “variedade” é consagrado tanto por parte dos produtores como por parte dos pesquisadores que se preocupam com a cana-de-açúcar.

A cana Creoula é considerada a primeira variedade obtida por meio da linha nobre, tendo sido cultivada durante 250 anos na Índia, sendo a base da indústria do açúcar no mundo daquela época. Apesar do método ter sido utilizado por muito pouco tempo, a obtenção dessa variedade foi importante. Entretanto, há evidências de que mais de um clone, de mesma origem, recebeu essa denominação, e ela é, presumivelmente, um híbrido entre o clone Mungo (*Saccharum barberi*) e um clone de *S. officinarum* (Heinz, 1987). Na maioria dos países, durante anos, o melhoramento da cana se processou por intermédio de cruzamentos entre protótipos da espécie *S. officinarum*. Como exemplos podem ser citados os programas da Austrália, Barbados, Havaí, Java e Ilhas Maurício. Além da Creoula, outras variedades nobres foram cultivadas, com muito sucesso, em diferentes regiões canavieiras.

Os primeiros *seedlings* foram obtidos pela polinização natural sem a interferência do homem. Barbados teve a primazia dos cruzamentos controlados. A polinização natural facilitou o aparecimento de descendentes autopolinizados, resultando na homozigose de alguns caracteres, que mais tarde se tornaram importantes. A homozigose é detectada pela semelhança entre os seus

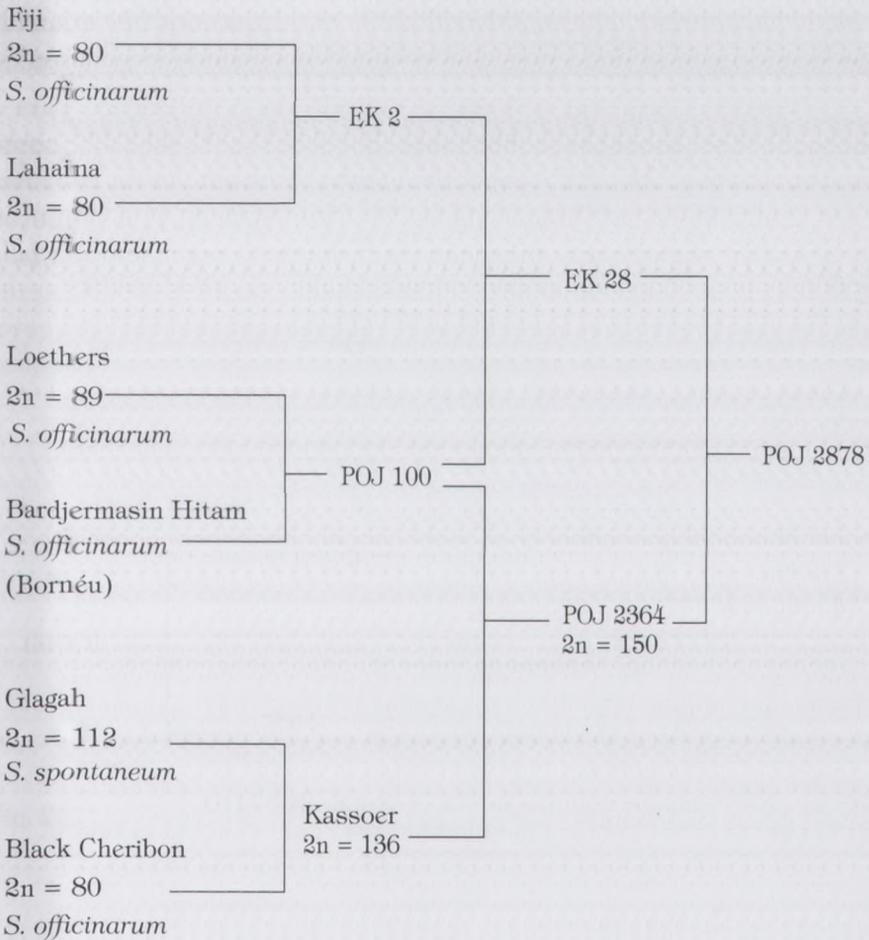
descendentes. As variedades cultivadas atualmente possuem uma fração dos genes das variedades nobres que foram utilizadas no melhoramento das espécies, tidas como selvagens.

As expedições organizadas pelo Comitê de Germoplasma Internacional têm dado importância aos tipos nobres, cultivados nativamente em seus locais de origem. Tudo faz crer que, dada a grande importância que as variedades nobres têm no patrimônio genético das variedades comerciais e no contínuo incremento do teor de sacarose de novas variedades, elas continuam a ser importantes em programas específicos de melhoramento.

**Nobilização:** esta denominação foi usada pela primeira vez em Java, por Jeswiet. Por esse método, ele obteve, em 1921, a POJ 2878, famosa em todo o mundo, de excelentes qualidades e que participou na ascendência de todas as variedades havaianas produzidas até 1959 e em inúmeras outras variedades que são atualmente cultivadas ao redor do mundo.

A história da POJ 2878 teve início em 1917 quando Jeswiet cruzou a POJ 2364 com a EK 28, obtendo, desse cruzamento, as variedades POJ 2714, POJ 2722 e POJ 2725. O sucesso foi tão grande que encorajou o melhorista a repetir o cruzamento no ano seguinte, mas, de 13 panículas, obteve somente 51 *seedlings*. Em 1919, repetindo o mesmo cruzamento, não obteve nenhum *seedlings*. Jeswiet não esmoreceu com esse quase insucesso. Continuou meticulosamente o seu trabalho e, em 1920, de 7 panículas, obteve 125 *seedlings*. Finalmente, em 1921, de 32 panículas, obteve 2.266 *seedlings*, sendo um deles denominado POJ 2878. Esse *seedlings* mostrou tal superioridade sobre os demais e, em 5 anos, já havia mais de 25 mil hectares cultivados com ele. Tornara-se então, em muito pouco tempo, uma variedade comercial consagrada. Oito anos depois da obtenção do seu cruzamento, ou, mais precisamente, em 1929, a área cultivada com a POJ 2878 superava a marca dos 200 mil hectares e produzia 35% a mais do que a sua predecessora. Talvez seja esse o principal motivo que levou os mais diferentes melhoristas do mundo a utilizá-la em seus programas de melhoramento. A Fig. 20 mostra a sua genealogia.

Vinte e um anos foi o tempo decorrido entre a obtenção da Kassoer e o de sua sucessora, a POJ 2878. A obtenção dessa variedade é um exemplo típico de seleção recorrente como esquema



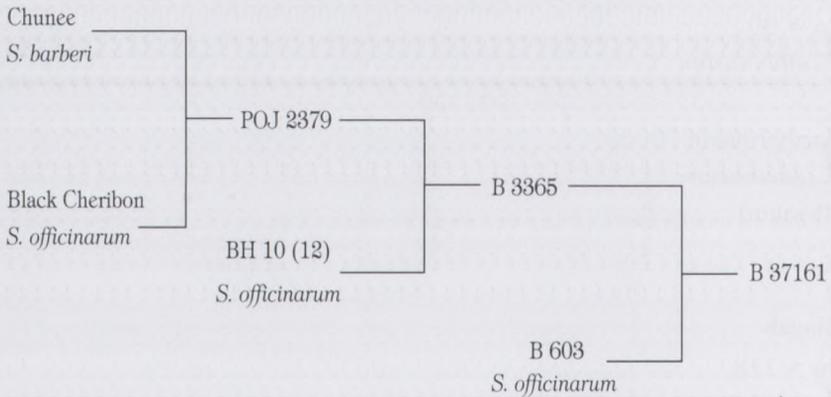
**Fig. 20.** Genealogia da POJ 2878 obtida pelo método da nobilitação.

de melhoramento. Foram empregados sucessivos cruzamentos, entre material previamente selecionado, como uma estratégia de produzir segregantes e recombinantes. Foi a maneira encontrada para agrupar os melhores genes nos descendentes, cuja dispersão havia sido verificada nos seus ancestrais. Esse processo é apontado como sendo capaz de maximizar a eficiência da segregação e recombinação, na produção de novas combinações gênicas.

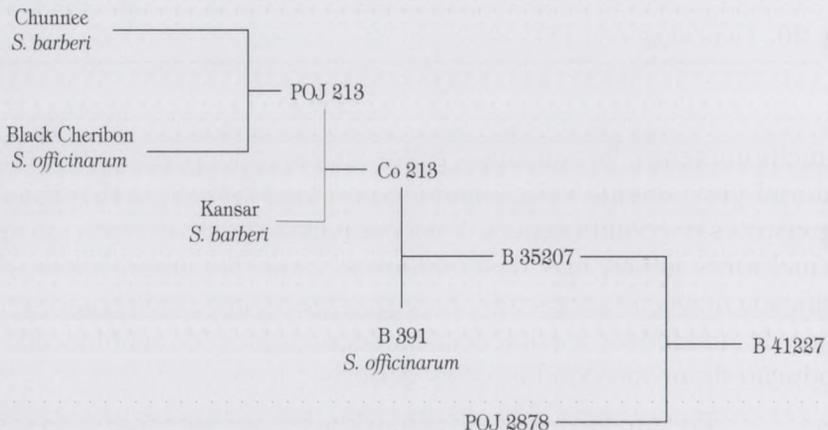
Foram grandes as dificuldades na interpretação dos resultados desses cruzamentos. A poliploidia existente nas

variedades nobres e o número irregular de cromossomos que aparecia nos híbridos eram diferentes dos resultados teóricos esperados.

Barbados também utilizou o método da nobilitação, para a obtenção dos híbridos comerciais B 37161 e B 41227, como mostram as Fig. 21 e 22, respectivamente. A obtenção da B 37161 é um exemplo de nobilitação da *Saccharum barberi*; já a obtenção da B 41227 engloba a nobilitação da *S. barberi*, representada pela B 35207, e da *S. spontaneum*, representada pela POJ 2878.



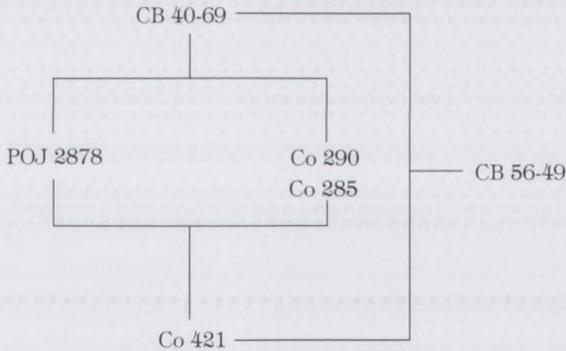
**Fig. 21.** Esquema de nobilitação da variedade B 37161.



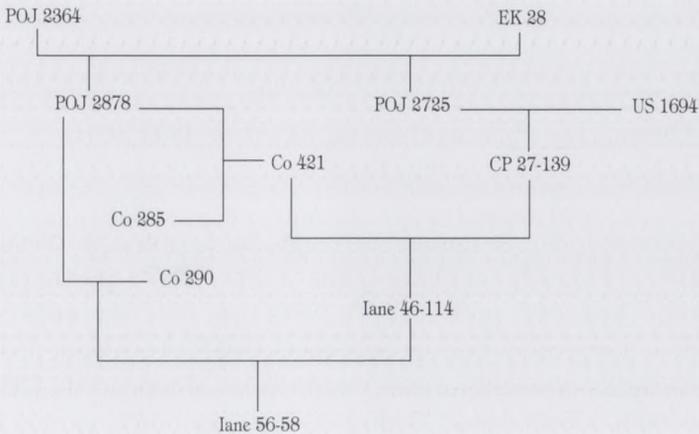
**Fig. 22.** Esquema de nobilitação da variedade B 41227.

Muitos outros cruzamentos, utilizando esse processo de melhoramento, resultaram em excelentes variedades.

**Consangüinidade:** teoricamente, esse método não é recomendado para a cana-de-açúcar. A prática, entretanto, mostra que muitas variedades já foram obtidas por esse processo, utilizado por em seus trabalhos. No Brasil, em Campos, RJ, a CB 56-49 e, no Recife, PE, a Iane 46-114 e a Iane 53-58 foram obtidas pelo método da consangüinidade. Em Barbados, a B 49119 e, em Java, a POJ 3016 também foram obtidas por esse método. As Fig. 23 a 26 ilustram o esquema genealógico das mesmas.



**Fig. 23.** Cruzamento consangüíneo da variedade CB 56-49.



**Fig. 24.** Cruzamento consangüíneo das variedades Iane 46-114 e Iane 56-58.

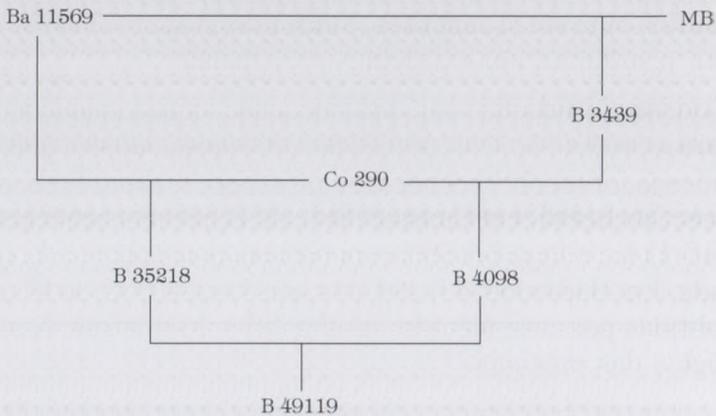


Fig. 25. Cruzamento consangüíneo da variedade B 49119.

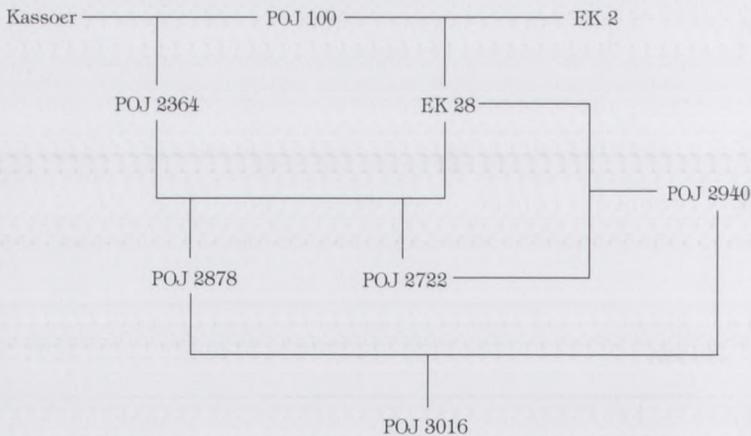


Fig. 26. Cruzamento consangüíneo da variedade POJ 3016.

Observando-se atentamente o esquema de obtenção da variedade CB 56-49 na Fig. 23, verifica-se que a POJ 2878 participou duas vezes como sua avó materna. A primeira, por ter sido mãe da CB 40-69, e a segunda, por ser mãe da Co 421. O cruzamento dessas duas variedades consangüíneas resultou na obtenção da CB 56-49. Para que isso acontecesse, foram envolvidas cinco variedades em duas gerações.

A Fig. 26 mostra como descendentes da EK 28 as variedades: POJ 2722, POJ 2878, POJ 2940 e POJ 3016. Esta é resultante do retrocruzamento da POJ 2722 com a EK 28. Para que se obtivesse a variedade POJ 3016, foram utilizadas as variedades consangüíneas POJ 2878 e POJ 2940, envolvendo, no processo, oito variedades, no decorrer de quatro gerações.

Barbados iniciou, em 1944, uma política de cruzamentos consangüíneos. A variedade B 49119, cuja genealogia encontra-se na Fig. 25, obtida por esse método de seleção, foi a melhor variedade de Barbados até então. O vigor de híbrido encontrado nos cruzamentos consangüíneos é justificado pelo grande número de cromossomos que deles participam. A homozigose em cana-de-açúcar é aceita teoricamente, mas, na prática, é impossível de ser obtida.

Gard (1953) é de opinião de se usar como progenitor feminino uma variedade descendente de canas selvagens em segunda ou terceira geração de híbridos, para ser cruzado com um progenitor masculino descendente de um cruzamento consangüíneo entre canas nobres, com alto teor de sacarose. Estas últimas são reconhecidas na prática, por mostrarem um vigor exuberante de vegetação, podendo ainda conterem fatores de resistência às principais doenças. Esses parâmetros são fundamentais na escolha das variedades a serem cultivadas em escala comercial.

O método da consangüinidade pode ser utilizado todas as vezes que se desejar obter uma probabilidade máxima na obtenção de um determinado caráter. Assim, por exemplo, se houver desejo da obtenção de uma variedade resistente ao carvão, deve-se lançar mão de cruzamentos consangüíneos entre variedades resistentes a essa doença.

**Autofecundação:** há uma dificuldade muito grande em se aceitar que uma variedade obtida por autofecundação possa ser geneticamente superior aos seus ascendentes. Porém, o grande número de cromossomos existente na cana proporciona essa possibilidade. A variedade argentina NA 56-79, por exemplo, que já foi largamente cultivada no Brasil, foi obtida pela autofecundação da Co 419. Na década de 70, ela obteve a melhor produtividade, em toneladas de açúcar por hectare, entre as demais variedades cultivadas no Estado de São Paulo.

Clones descendentes da autofecundação de *S. spontaneum* apresentaram um aumento no teor de sacarose variando de 60% a 70%, quando comparados com a percentagem de sacarose das variedades progenitoras.

A idéia da autofecundação, como um método de melhoramento genético para a cana-de-açúcar, surgiu separadamente por Stevenson (1953) e Warner (1953a). Antes, qualquer variedade obtida por autofecundação o era por mero acaso. Com a elaboração dessa teoria, houve um dimensionamento das pesquisas para esse tipo de cruzamento.

A teoria da dominância e sobredominância, que explica a recuperação do vigor por meio da hibridação, não é válida para o caso específico da cana-de-açúcar. Tanto uma quanto outra justificam a queda do vigor pela diminuição proporcional da heterozigose, independentemente do número relativo de genes dominantes e recessivos ou do próprio grau de dominância.

Outras variedades, além da NA 56-79, foram obtidas pela autofecundação dos seu progenitores. Assim, a Co 508 é o resultado da autofecundação da Co 214; a CP 11-65, da autofecundação da Co 670; a CP 35-17, da autofecundação da CP 31-78; a Tuc 56-1, da autofecundação da CP 33-37; a US 14-84 e a US 16-94, ambas da autofecundação da POJ 213; a US 48-34, da autofecundação da G 1051. Inúmeras outras autofecundações poderiam ainda ser citadas, pois são em número significativo. Essas, entretanto, já são suficientes para justificar esse processo de melhoramento.

A propagação comercial da cana-de-açúcar é realizada pelo processo assexuado e, por ele, é fácil fixar ou eliminar um genótipo qualquer já na primeira geração. Essa é uma grande vantagem dessa cultura, quando comparada com aquelas que se propagam por intermédio de sementes.

Dois indivíduos obtidos pelo processo de autofecundação podem ser cruzados entre si ou com outras variedades consangüíneas, recombinação os genes de interesse comercial. Assim, foram obtidas as variedades CP 36-105 e CP 44-101. Essa última foi responsável pelo plantio de 53% dos canaviais da Flórida, EUA, em 1957.

O processo da autofecundação só é viável quando não houver auto-incompatibilidade ou macho-esterilidade envolvendo o processo, pois, se assim o for, a autofecundação será inviabilizada.

**Policruzamento:** não se deve confundir o método do policruzamento com o processo havaiano do “melting pot”, que é uma adaptação daquele. A polinização, no policruzamento, se processa randomicamente entre os participantes, permitindo a melhor recombinação possível. Para que esse fato ocorra, plantam-se as variedades que irão participar do policruzamento em parcelas sorteadas ao acaso em um campo isolado, a fim de que não haja contaminação por pólen estranho. Esse processo identifica apenas os progenitores maternos; dos paternos, qualquer um deles poderá ter fornecido o pólen. Para ser eficiente, o policruzamento deve considerar a esterilidade masculina, a época do florescimento das variedades que irão participar do cruzamento, o período de deiscência das anteras, a presença de incompatibilidades genéticas e outros fatores mais que possam influenciar no sucesso ou no fracasso do policruzamento, antes mesmo de ele ser iniciado.

Os programas brasileiros de melhoramento da cana-de-açúcar da Copersucar e do Planalsucar adotaram o método do “melting pot” havaiano para os seus cruzamentos, cujo processo é mais econômico, quando comparado ao tradicional policruzamento, e de eficiência redobrada. Esses programas não descartaram, porém, a utilização dos cruzamentos biparentais. No processo de “melting pot”, necessita-se de um número muito menor de operários do que os utilizados nos policruzamentos, e a germinação das sementes é melhor naqueles no que nestes. No “melting pot”, os colmos são colocados em baldes ou em calhas com solução nutritiva, trocada periodicamente.

**Mutações induzidas:** a história das mutações induzidas teve início em 1895 com a descoberta dos Raios X por Roentgen, primeiro Prêmio Nobel de Física. Foi Müller, citado por Vose (1978), que em 1927 demonstrou a utilidade das mutações em *Drosophila*. Apoiados nesse fato, os melhoristas iniciaram trabalhos visando à obtenção de novas espécies, uma vez que a mutação espontânea fazia parte dos seus conhecimentos. Os primeiros resultados não foram animadores. Os melhoristas de plantas, excetuando-se um pequeno grupo na Suécia, desinteressaram-se gradativamente por esse processo de melhoramento. Na década de 40, a Alemanha fez um esforço para desenvolver variedades por meio de mutações induzidas. Culturas como aveia, cânhamo, cevada, linho, tomate e trigo foram

estudadas. O mundo encontrava-se em guerra e os outros países também reiniciavam suas pesquisas, com mutações induzidas, voltados que estavam em produzir alimentos mais precoces, em maiores quantidades, em menores áreas de cultivo e num menor espaço de tempo de pesquisas.

Na Índia, Dorosami & Venkoba (1947) desenvolveram trabalhos de irradiação da cana com Raios X. Outros pesquisadores, mais tarde, também dedicaram-se ao assunto. Assim, Rao (1954), Stevenson (1956), Panje & Prasad (1959), Walker & Sisodia (1969) e Urata & Heinz (1971) publicaram trabalhos sobre o assunto.

Em 1962, Cesnik irradiou sementes de cana-de-açúcar através de Raios Gama. Utilizou um aparelho em demonstração na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Infelizmente, não foram obtidos *seedlings* dessas sementes irradiadas em número suficiente para avaliar os resultados do experimento.

De Vries, citado por Ando (1978), explicou a mutação da seguinte maneira: “Os caracteres dos seres vivos constam de várias unidades distintas, não havendo passagem de uma para outra. Quando surge uma nova unidade a partir da já existente, ocorre a mutação”. Esta pode ser tanto nuclear quanto citoplasmática. Quando ocorre no núcleo, pode ser no cromossomo ou no genoma, e, quando ocorre no genoma, pode acontecer no plasma ou no plastídeo. As plantas de reprodução vegetativa sprestam-se a esse tipo de pesquisa.

**Tipos de mutagênicos:** os mutagênicos podem ser tanto físicos como químicos. O grupo dos mutagênicos físicos engloba as radiações ionizantes e as radiações não ionizantes. Estas são constituídas pelas radiações ultravioleta, cuja penetrabilidade é muito baixa. Elas têm sido utilizadas no tratamento de grãos de pólen ou em cultura de células e de tecidos. As radiações ionizantes englobam as radiações eletromagnéticas e as do tipo partículas, compostas pelas partículas alfa, beta, gama e pelos prótons e nêutrons. As radiações eletromagnéticas incluem os Raios X e os Raios Gama.

**Raios X:** são radiações de fácil disponibilidade, podendo ser manipuladas sem grandes cuidados especiais de vigilância. A energia emitida é do tipo não homogêneo e, por esse motivo, não se prestam a tratamentos prolongados.

**Raios gama:** são radiações obtidas por meio de reatores, em reações nucleares, ou por meio de radioisótopos, que melhor penetram nos tecidos vegetais. Em trabalhos de melhoramento de plantas, o Cobalto 60 e o Césio 137 são as principais fontes de radiação Gama. A fonte de Cobalto 60 pode ser facilmente instalada em campos experimentais e mesmo em casas de vegetação.

As radiações do tipo partícula são pouco utilizadas na produção de variabilidade genética das plantas, uma vez que ainda não se determinou com exatidão as dosagens que devem ser empregadas e as técnicas a serem utilizadas nos diferentes casos. Algumas partículas têm alto poder de penetração, outras não. Uma são obtidas através de radioisótopos, outras, por meio de reatores nucleares, e outras até por intermédio de aceleradores do tipo Van de Graaf. Essas radiações têm ainda efeitos diretos, que se manifestam por meio de ionizações produzidas nos diferentes componentes nucleares, e indiretos, que se manifestam através de substâncias químicas que se originam das ionizações.

**Vantagens das radiações:** a variabilidade genética, obtida por meio de radiações de plantas de reprodução assexuada, pode ser um complemento nos programas de melhoramento que pesquisam variabilidade através da reprodução sexuada.

De um modo geral, o emprego de radiações pode proporcionar, para o melhoramento de plantas, as seguintes vantagens:

- O programa pode ser direcionado para resistência a doenças ou aumento da produtividade. Para isso, utilizam-se variedades comerciais normalmente cultivadas na região. Em um pequeno espaço no ecossistema do reator, pode-se tratar uma grande quantidade de material, principalmente quando a parte a ser tratada é a gema individualizada. Tanto o tempo de exposição quanto a intensidade de radiação podem ser bem controlados.
- A fonte de radiação pode ser instalada, devidamente protegida, em um campo com inúmeras variedades distintas e cultivadas ao mesmo tempo.
- A radiação pode ser feita não só em tecidos verdes como também em sementes ou mesmo em grãos de pólen. Variedades cujas descendências pouco variam se prestam

para serem irradiadas. Sementes provenientes de cruzamentos com descendência de difícil seleção, se prestam para serem irradiadas a fim de se criar condições para a obtenção de variabilidade fenotípica.

**Cultura de tecidos:** este processo foi iniciado no Havaí, por intermédio de Nickell (1965). Desde essa época, tem-se trabalhado com esse processo de melhoramento com a finalidade de obtenção da variabilidade genética e da propagação de clones isentos de doenças. Na técnica da cultura *in vitro* trabalha-se com o tecido somático em meios específicos de cultura. Dado o interesse com que os melhoristas têm se dedicado nesse campo, inúmeros foram os trabalhos desenvolvidos nessa área.

Tem-se observado entretanto que as variações somaclonais não são estáveis após algumas gerações de multiplicação vegetativa, não se aconselhando, por esse motivo, esse procedimento como uma metodologia de melhoramento genético da cana-de-açúcar. No Brasil, por exemplo, um subclone diferenciado, originário por somaclonagem da variedade RB835486, após algumas gerações de multiplicação assexuada, através de toletes, voltou ao seu estado primitivo por não haver fixado as novas características em seu genoma.

Em reunião realizada sobre o assunto, melhoristas brasileiros resolveram que a cultura de tecidos deve ser utilizada única e exclusivamente para a multiplicação rápida de novos clones promissores. A Copersucar já distribuiu, por esse processo, o clone SP 90-3723, resultante do cruzamento de SP 79-2312 com SP 79-4101.

Como a cultura de tecidos fez parte, como metodologia de melhoramento, em alguns centros de pesquisa sobre o assunto, é feito um relato, a seguir, dos principais trabalhos desenvolvidos nesse setor.

Coleman (1970) obteve subclones resistentes ao mosaico, a partir de material suscetível. Krishnamurthi & Tlaskal (1974) obtiveram material resistente à doença do Fiji, utilizando 38 subclones da variedade Pindar, suscetível à doença. Nesse caso, eles determinaram a presença de mosaicos cromossômicos em colmos de cana-de-açúcar, uma vez que houve mudança do número deles. Essa mesma ocorrência foi também comprovada por Liu & Chen (1974), em Taiwan.

A variabilidade, obtida por meio da cultura de tecidos, pode ser causada pela diferenciação cromossômica, em células somáticas, como ocorreu com a variedade Pindar. Pode também ocorrer uma mutação causada pelos produtos químicos empregados no meio de cultura. As variabilidades são notadas em diferentes graus de intensidade e são específicas para cada variedade.

Liu & Chen (1974) relatam um aumento de 2% a 12% na quantidade de açúcar para um material obtido por intermédio da cultura de tecidos. Subclones obtidos da Pindar, apresentaram o fenômeno da macho-fertilidade e possibilitaram a produção de sementes, enquanto a Pindar é macho estéril.

Os primeiros pesquisadores a isolar protoplastos, em cana-de-açúcar, foram Marezki & Nickell (1973). Cocking (1972) já fazia menção à primeira fusão de protoplastos. No Brasil, o primeiro trabalho sobre a cultura de tecidos em cana-de-açúcar foi apresentado por Vieira et al. (1979), em Maceió, AL, durante o I Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil - Stab.

Inúmeros são os elementos empregados nos substratos dos meios utilizados em cultura de tecidos para a cana e, entre eles, o mais comum é o 2,4-D. Outros produtos, tais como água-de-coco, caseína hidrolisada, triptofano, ácido glutâmico, arginina, ácido fólico, tiamina, metionina, ácido bórico e nitrato de potássio, já foram utilizados.

Nestes últimos anos, a técnica da cultura de tecidos proporcionou aos melhoristas os seguintes resultados:

- Desenvolvimento da variabilidade genética por meio de calos. Estes, quando mantidos *in vitro* por um longo período, tornaram-se citologicamente instáveis.
- Obtenção de poliploidia em suspensões de colchicina.
- Indução de plantas haplóides através da cultura de anteras e de grãos de pólen.
- Avanços nas técnicas da cultura de protoplastos, possibilitando a hibridação somática.

Por resultados obtidos em laboratórios de boa confiabilidade, a cultura de tecidos, como metodologia de melhoramento genético

da cana-de-açúcar, teve um destaque muito especial no XIV Congresso Internacional da International Society of Sugar Cane Technologists – ISSCT – realizado na Louisiana, EUA, em 1971. Tem-se notícias de que a Usina Ester S.A., instalada no Município de Cosmópolis, SP, adotou essa tecnologia, tendo instalado até um laboratório específico, num projeto denominado “Cana Limpa” (Nogueira Júnior et al., 1991).

# Problemas Citogenéticos

O estudo dos problemas citogenéticos, em cana-de-açúcar, remontam de longa data, mas o número de técnicos envolvidos em suas pesquisas é ainda muito pequeno, quando comparado com aqueles que trabalham, no mesmo assunto, na cultura do milho, por exemplo.

Sendo a cana-de-açúcar uma planta de reprodução assexuada, os seus caracteres são facilmente fixados após a germinação das sementes, oriundas dos órgãos florais. Considerando-se esse aspecto como primordial, a planta perde, em certos aspectos, o interesse dos pesquisadores, pelos seus mecanismos citogenéticos.

O assunto torna-se menos cobiçado pelo fato de esses estudos serem cercados de algumas dificuldades. Entre elas, podem ser citadas as seguintes:

- A maioria dos fatores de interesse nas espécies conhecidas é heterozigoto, e o processo de autofecundação para a

obtenção de homozigose, além de ser muito dispendioso, é demorado.

- A segregação dos fatores, pela própria constituição poliplóidica da cana-de-açúcar, é, na maioria das vezes, muito complexa.
- A ocorrência freqüente de mutações espontâneas e de quimeras citoplasmáticas vem dificultar ainda mais o estudo citogenético.
- A técnica a ser empregada na contagem do número de cromossomos das variedades deve ser considerada, uma vez que o número deles é bastante alto. Os tecidos de lâmina foliar, as pontas das raízes e os grãos de pólen já serviram inúmeras vezes como material de estudo para a contagem cromossômica, aliada à técnica fotográfica. Ultimamente, a cultura celular *in vitro* tem sido desenvolvida também com essa finalidade.

São inúmeros os problemas a serem resolvidos, antes mesmo de se considerar o estudo específico dos mecanismos citogenéticos. Diversas técnicas foram sugeridas e usadas pelos pesquisadores, recentemente, em substituição a outras consideradas clássicas, mas comprovadamente menos eficientes, no processo de contagem do número de cromossomos da cana-de-açúcar.

## Número de Cromossomos

Jagathesan (1971) cita que o primeiro pesquisador a proceder a contagem do número de cromossomos do gênero *Saccharum* foi Frank, em 1910. Depois dele, 5 anos mais tarde, conforme o mesmo autor, Kuwada também fez contagens cromossômicas em cana-de-açúcar.

O seu número básico é muito discutido. Uns acreditam que seja 10, outros, que o mesmo seja 5, 8 ou mesmo 12, formando, assim, as espécies e variedades cultivadas, uma série heteroplóide bastante complexa. O mais provável e aceito pelos técnicos é o número de 10 cromossomos, uma vez que é esse o número básico das *Antropogoneae* na qual o gênero *Saccharum* se enquadra.

## Origem das Espécies

Daniels et al. (1975a) informam que as primeiras especulações sobre a origem de *Saccharum officinarum* foram feitas por Barber, em 1920, e Jeswiet, em 1930, e, segundo as conclusões desses dois autores, o centro de origem dessa espécie seria a região da Malásia – Indonésia – Papua Nova Guiné ou o grupo de ilhas da Melanésia ou Polinésia. Depois da expedição de germoplasma levada a efeito em 1928, em Papua Nova Guiné, Brandes et al. (1938) consolidaram a teoria de que essa região é o centro de origem de *S. officinarum*, uma vez que se evidencia aí o máximo de diversificação da espécie. Na mesma área foi encontrada, em caráter endêmico, a espécie *S. robustum*, possivelmente um ancestral selvagem de *S. officinarum*, uma vez que as duas espécies possuem  $2n=80$  cromossomos. Na expedição ao mesmo local, em 1957, Warner, citado por Daniels et al. (1975a), reforça esses argumentos com observações antropológicas. Alguns autores acreditam que o número diplóide para *S. robustum* seja 60 em vez de 80. Há uma hipótese não confirmada de que essa determinação não tenha sido feita em *S. robustum* e sim em descendentes do cruzamento de *S. spontaneum* com *Miscanthus floridulus*. A variedade *S. robustum* nunca foi cultivada comercialmente. Ela tem sido usada em algumas regiões para cercar residências, pois pode atingir até 12 m de altura. Isso a tem confundido, em muitas ocasiões, com o bambu. Atualmente, aceita-se para a variedade *S. robustum* o número cromossômico de  $2n=60$  e 80. Daniels et al. (1975b) supõem que *S. officinarum* e *S. spontaneum* tenham tido um ancestral comum. Já *S. officinarum* teria sido obtida por seleção de *S. robustum*, seleção esta feita pelo próprio homem, e *S. officinarum* teria sido então a primeira variedade de cana-de-açúcar a ser selecionada no mundo, por mãos humanas.

A variedade *S. spontaneum* está largamente distribuída pela África, Ásia e Sudoeste da Ásia, e o seu número diplóide varia de 40 a 128. A expedição de 1928 verificou que, na região de Papua Nova Guiné e nas Ilhas Salomão, essa variedade apresentava o mesmo número cromossômico de  $2n=80$ . Essa região é a única onde se encontra *S. spontaneum* com esse número cromossômico diplóide. Há dois tipos de *S. spontaneum*: um que, quando cruzado com *S. officinarum*, produz descendentes com um número de cromossomos

de  $2n + n$ . Esse fato levou os pesquisadores a concluir que esse segundo exemplar de *S. spontaneum* era um parente mais próximo de *S. officinarum* do que o primeiro.

Os representantes de *S. spontaneum* com números menores de cromossomos ocorrem na região noroeste da Índia. Indo-se para o este, no mesmo território, encontram-se os exemplares com um número alto de cromossomos ( $2n=80$ ) e, na Arábia Saudita, esse número eleva-se para 108. Há uma credibilidade de que o centro de origem de *S. spontaneum* seja o noroeste da Índia. Há uma possibilidade de *S. spontaneum* ser o produto do cruzamento natural de *Sclerostachya* com *Ripidium*. Estudos de cromatografia em cana-de-açúcar mostram a presença das mesmas tricinas em *S. officinarum* e *S. spontaneum*, mas esta tem um flavonóide que não existe na primeira. *Ripidium bengalense* (US 47-18) também possui as mesmas tricinas de *S. officinarum*.

Sreenivasan (1976), cruzando *S. spontaneum* com  $2n=40$  cromossomos da região de Chandipur Orissa, na Índia, como variedade fêmea, com *S. spontaneum* da região de Andhra Pradesh, também na Índia, funcionando como fornecedor de pólen, com  $2n=48$  cromossomos, obteve uma geração cujo número cromossômico  $2n$  variou de 40 a 128.

As variedades *S. sinense* e *S. barberi* são geralmente denominadas de canas chinesas e indianas, cuja taxonomia é muito confusa, e foram cultivadas antes do advento dos híbridos obtidos por mãos humanas. Em 1819, Roxburgh, citado por Daniels et al. (1975a), descreveu *S. sinense* a partir de material coletado em Canton, na China. Esse termo foi em seguida empregado para as canas cultivadas na China e na Índia. Em 1918, Barber, estudando *S. sinense*, do norte da Índia, dividiu-as em cinco grupos morfológicos, a saber: Mungo, Nargori, Pansahi, Saretha e Sunnabile. Bremer (1961b), por sua vez, demonstrou que elas possuem números cromossômicos diferentes. Assim, o grupo Mungo possui  $2n=82$ ; o grupo Nargori,  $2n=107$  a  $124$ ; o grupo Pansahi,  $2n=118$ ; o grupo Saretha,  $2n=90$ ,  $91$  e  $92$  e o grupo Sunnabile,  $2n=82$  a  $116$ . Já Prince (1968), estudando a citologia desse complexo de canas, dividiu-o em seis grupos: Dhaulu com  $2n=82$  e  $83$ ; Mungo  $2n=81$ ,  $82$  e  $83$ ; Nargori,  $2n=105$ ,  $109$  e  $124$ ; Pansahi;  $2n=106$  a  $120$ ; Saretha,  $2n=91$ ,  $91 +$  fragmentos e  $92$ ; e um grupo não identificado com  $2n$ , variando de  $104$  a  $121$  cromossomos.

Certos autores admitem ter havido hibridação e seleção dentro de *S. spontaneum*; outros admitem uma hibridação intergenérica, envolvendo *S. spontaneum* e outros até em um cruzamento entre *S. officinarum* e *S. spontaneum*, na região de Bangala-Assam. Recentes estudos cromataxonômicos indicam que outros gêneros correlatos a *Saccharum* entraram na formação tanto de *S. sinense* como de *S. barberi*.

*Saccharum edule* Hask é uma forma especial de *S. robustum*. Ela tem sido cultivada e explorada como vegetal, unicamente por ter uma inflorescência semelhante à da couve-flor. Vulgarmente, é conhecida como “Duruka” ou falso aspargo. Mais recentemente, Grassl (1962) redescobriu algumas formas de *S. robustum* com *S. sanguineum*, sendo hoje acrescentada ao lado de *S. edule*. Esta tem  $2n=70$  a 120.

Alguns autores estão convictos de que os exemplares que primeiramente foram denominados de *Saccharum* não passavam de um complexo no qual se incluíam os gêneros *Saccharum*, *Ripidium* e *Sclerostachya*. Esse conjunto de três gêneros formadores da cana-de-açúcar recebe o nome genérico de “*Saccharum* complexo”. Outros autores acreditam que seu complexo seja formado pelos gêneros: *Saccharum*, *Erianthus*, *Sclerostachya* e *Narenga*. A primeira suposição, onde entram os três gêneros, é a mais aceita.

Há um consenso entre os melhoristas de cana-de-açúcar de que se deve pesquisar melhor os centros de origem dessa gramínea e os gêneros correlatos, a fim de melhor aclarar essas hipóteses. Já foi proposto também, em congressos de cana-de-açúcar, que trabalhos básicos de citologia devam ser desenvolvidos em todo o mundo, para que se estude o controle genético do pareamento cromossômico e da transferência intergenérica de genes. Atualmente, de 4 a 5 laboratórios em todo o mundo estão aptos a realizar esses estudos.

## Cruzamentos Interespecíficos

É conhecida de longa data a fertilidade das diversas espécies de *Saccharum*. Muitos híbridos naturais têm sido reconhecidos pelos cientistas e acredita-se que, desse procedimento, tenha resultado um grande número de agrupamentos naturais de cana-de-açúcar,

notadamente as canas da Índia, que por muito tempo foram consideradas como provenientes de cruzamentos intergenéricos. Stevenson (1965) cita que Jeswiet demonstrou que a 'Kassoer', descoberta por Kruger nas escarpas do vulcão Moeriah, era um híbrido natural entre *S. officinarum* e a 'Java Glagah', que é uma *S. spontaneum*. Esse reconhecimento foi feito somente por características morfológicas que, mais tarde, foram confirmadas por Bremer (1961a, 1961b) em seus estudos citológicos. Um outro caso foi reconhecido por Stevenson (1965), em Maurício: a 'Ubá Marot', resultado da hibridação natural entre uma variedade nobre e uma *S. spontaneum* de 64 cromossomos introduzida anteriormente da Índia.

Deve-se considerar em todos esses estudos uma gama muito grande de erros de identificação e, mesmo, de procedimentos, o que resultou em uma confusão muito grande nos primórdios do melhoramento genético da cana-de-açúcar. Os estudos citológicos, aliados aos trabalhos de cromatografia, têm contribuído para dirimir dúvidas pendentes.

### *Saccharum officinarum* x *Saccharum officinarum*

Apesar de Divinagracia & Ramirez (1977) terem classificado sete variedades "nobres", em quatro grupos com número cromossômico variando de 80 a 136, os mais diferentes autores aceitam somente o número 80 como o diplóide de *S. officinarum*. Todos os descendentes desse tipo de cruzamento são de constituição  $2n=80$ .

### *Saccharum officinarum* x *Saccharum officinarum*

A espécie *S. spontaneum* tem um número diplóide de cromossomos variando de 40 a 128. Por apresentar resistência a inúmeras doenças, mas ser pobre em teores sacarinos, ela tem sido empregada em programas de melhoramento, desde as mais remotas épocas. Dado porém, o seu comportamento citogenético, esse cruzamento tem sido estudado com mais intensidade. Os híbridos resultantes dele e do seu recíproco, cuja atenção tanto os melhoristas como os citologistas têm menosprezado, incluem filiação dos tipos  $n + n$ ,

$n + 2n$  e  $2n + n$ . A filiação  $n + n$  só é obtida quando se cruza *spontaneum* com  $2n=80$ .

Batcha & Palanichamy (1977) cruzaram *officinarum* com *spontaneum*, obtendo o tipo  $2n + n$ ; quando, porém, retrocuzaram para *officinarum*, isto é, (*officinarum* x *spontaneum*) x *officinarum*, obtiveram indivíduos do tipo  $n + n$ .

Walker et al. (1977), cruzando *officinarum* x *spontaneum* ( $2n=40, 62$  e  $64$ ), obtiveram, em  $F_1$ , 7% de indivíduos do tipo  $n + n$  e 93% do tipo  $2n + n$ .

Existem três teorias para explicar esse fenômeno, raramente encontrado no mundo vegetal:

**Primeira Teoria de Bremer:** também denominada de “Teoria da Endoduplicação”. Afirma Bremer que, quando o gameta masculino entra em contato com o gameta feminino, este se duplica, resultando numa filiação cujos indivíduos possuem um número cromossômico de tipo  $2n + n$ .

**Teoria de Narayanaswamy:** esta teoria afirma que a membrana existente entre as duas células, em processo de divisão, se rompe, fundindo-se a seguir em uma única célula. Por esse mecanismo, há o aparecimento da transmissão de  $2n$  em lugar de  $n$ .

**Segunda Teoria de Bremer:** por meio dela, Bremer diz que *S. officinarum* produz gametas femininos e masculinos nas formas haplóide e diplóide. Deveriam haver, por essa teoria, formas tetraplóides e triplóides. Estas já foram detectadas, mas aquelas, ainda não.

Alexander (1969), estudando o grão de pólen na forma diplóide, acredita que as três teorias explicam satisfatoriamente o processo cromossômico da filiação dos cruzamentos interespecíficos entre *S. officinarum* e *S. spontaneum*.

## *Saccharum officinarum* x *Saccharum robustum*

Invariavelmente, este tipo de cruzamento, ou o seu recíproco, produz filiação  $n + n$ . Quando se cruza (*S. officinarum* x *S. robustum*) x *S. spontaneum*, a filiação é do tipo  $2n + n$ .

## *Saccharum robustum* x *Saccharum spontaneum*

Esse tipo de cruzamento produz filiação  $2n + n$  e  $n + n$ . A espécie *robustum* tem sido usada em pequenos programas do Havai e de Queensland, sem muita importância.

## *Saccharum officinarum* X *Saccharum sinense* ou *Saccharum barberi*

Este cruzamento resulta em descendentes do tipo  $2n + n$ , mas, quando se usa o seu recíproco, aparecem as formas  $2n + n$  e  $n + n$ . Quando *S. sinense* é cruzado com *S. barberi*, aparece somente  $n + n$ .

# Cruzamentos Intergenéricos

O primeiro cruzamento intergenérico envolvendo o gênero *Saccharum* foi realizado por Barber, na Índia, em 1913 (Stevenson, 1965), entre *S. officinarum* (clone Vellai também denominado de Otaheite) com *Narenga porphyrocoma*, cujo pólen, na época, era classificado como *Saccharum narenga*. Barber não sabia então que havia realizado, com sucesso, o primeiro cruzamento intergenérico da história, em cana-de-açúcar.

Antes de Barber, outros autores tentaram, sem sucesso, esse tipo de cruzamento. Assim, Soltweld, em 1885, trabalhando na Ilha de Java, já tentou hibridar *Saccharum* sp. com *Erianthus arundinaceus*, sem obter sucesso. Depois de Barber, houve a realização de muitos cruzamentos intergenéricos, com sucesso, inclusive um realizado por Veiga (1959), na cidade de Campos, RJ; ele cruzou a 'Co 421' com a cana 'Ubá' (*Gynerium* sp.), encontrada às margens do Rio Paraíba.

A obtenção de um cruzamento intergenérico não é tão fácil quanto parece. Muitos deles são contestados pela maioria dos pesquisadores e, por esse motivo, não aceitos como cruzamento intergenéricos, mas como autofecundação do *Saccharum* hipoteticamente cruzado. Alguns dos cruzamentos apresentados na literatura são:

- a) Com *S. officinarum*: *Mungo* (Creola), *Narenga porphyrocoma*, *Erianthus arundinaceus*, *Sorghum halepense*, *Sorghum vulgare*, *Sclerostachya fusca* e *Zea mays*.
- b) Com *S. spontaneum*: *Narenga porphyrocoma*, *Erianthus ciliare*, *Erianthus ravennae*, *Sorghum vulgare* e *Sclerostachya fusca*.
- c) Com *S. robustum*: *Narenga porphyrocoma* e *Sclerostachya fusca*.

Outros gêneros foram empregados nesses cruzamentos, bem como híbridos interespecíficos de *Saccharum*. Atualmente, estão sendo empregados, em diferentes locais, os gêneros: *Euchlaena*, *Erianthus*, *Imperata*, *Miscanthidium*, *Miscanthus*, *Narenga* e *Sclerostachya*. A variedade comercial HM 661 foi obtida pelo cruzamento da variedade Co 281 com *Euchlaena mexicana*.

Jagathesan (1971) diz que o híbrido entre *Saccharum* e *Zea* foi mantido por mais de 30 anos na Estação Experimental de Coimbatore, na Índia, e foi estudado sob os aspectos morfológicos e citológicos, chegando-se à conclusão de que realmente houve um cruzamento intergenérico. Alguns pesquisadores não acreditam que houve cruzamento.

Os trabalhos de Coimbatore, para obter híbridos intergenéricos procurando incrementar as qualidades agroindustriais da cana-de-açúcar, são do conhecimento daqueles que trabalham no melhoramento dessa espécie vegetal. Assim, cruzando POJ 2725 com *Imperata* híbrida, Coimbatore obteve variedades como a Co 997 e a Co 740. Esta última já foi cultivada em muitas regiões do Brasil. Cruzando a mesma POJ com o *Sorghum durra*, foram obtidas as variedades Co 399 e Co 515.

## Autofecundação

Os estudos citológicos em geração autofecundante de cana-de-açúcar são relativamente recentes. Os mais antigos datam de 1959. Os autores desconhecem qualquer trabalho citológico em descendentes da autofecundação de uma variedade de *Saccharum* anterior a essa data.

Os técnicos havaianos condenam a prática da autofecundação pelos seguintes motivos:

- Perda rápida de vigor em seus descendentes.
- b) Auto-esterilidade em seus descendentes, que, por esse mecanismo, estão impedidos de participar de qualquer programa de melhoramento genético por via sexual.
- c) Inabilidade natural para competir com outras variedades provenientes de cruzamento, perdendo até o seu valor seletivo.

Os técnicos de Barbados discordam dos técnicos do Havaí e justificam a autofecundação do seguinte modo:

- O processo de autofecundação conduz ou não a uma queda de vigor em seus descendentes.
- As gerações provenientes de material autofecundado são altamente férteis.
- O processo de autofecundação pode e deve ser utilizado no melhoramento genético da cana-de-açúcar.

A assertiva dos técnicos de Barbados é confirmada por outros, em trabalhos práticos de obtenção de variedades. Assim, em Canal Point, a 'CP 1165' foi obtida pela autofecundação da 'Co 670'. Em Coimbatore, foi obtida, pela autofecundação da 'Co 214', a variedade Co 508. Na Argentina, a variedade VA 57-1 foi obtida pela autofecundação da 'MC 322', e a 'NA 56-79', pela autofecundação da 'Co 419'. A 'Co 419' foi uma variedade muito cultivada em São Paulo na década de 60, e a NA 56-79 foi uma das variedades mais cultivadas na década de 70. Nos Estados Unidos, foram obtidas as variedades US 16-94, por autofecundação da POJ 213, e a US 48-34, pela autofecundação da G 1051. No Brasil, não se tem notícia de nenhuma variedade obtida por autofecundação, até o presente momento. Em Barbados, defensores da teoria da autofecundação também obtiveram variedades por esse processo. Assim, a variedade B 3337 foi o resultado da autofecundação da B(30)L7.

Stevenson (1953), investigando gerações provenientes da autofecundação de canas nobres (*S. officinarum*), verificou que todos

os seus descendentes possuíam o mesmo número cromossômico de  $2n=80$ . Em indivíduos resultantes da autofecundação de B 4362 (B 37161 x POJ 2878), houve uma perda do número cromossômico de 118 para 87. Por sua vez, quando se autofecundou B 37161 ou POJ 2878, houve um aumento do número de cromossomos em seus descendentes.

Panje & Ethirajan (1959), estudando a população de *S. spontaneum* coletada na “*Spontaneum Expedition Scheme*”, verificaram que os descendentes da autofecundação de certas formas de *spontaneum* excediam a performance vegetativa dos seus pais e tinham até uma percentagem maior de sacarose do que eles. O aumento obtido nessas autofecundações é próprio de descendentes híbridos. Essa situação é diferente daquela encontrada em autofecundação de *S. officinarum*.

## Partenogênese

O fenômeno da partenogênese foi relatado pela primeira vez em 1933, em cruzamento da Vellai com ‘CAC 87’. Mais tarde, outros casos foram estudados e, entre eles, podemos citar: ‘POJ 2725’ x *Imperata cylindrica*, ‘Co 421’ x *Coix*, ‘Co 421’ x *Bambusa* e autofecundação da ‘Co 421’. As variedades Co 797, Co 798 e Co 811 foram obtidas por partenogênese da Co 603.

No cruzamento de ‘Co 421’ x *Bambusa arundinacea*, ocorrem dois tipos de *seedlings*: um com  $2n=118$  e outro com  $2n=86$ . Essa é a forma partenogênica diplóide, derivada da eliminação cromossômica em bloco de  $32$  cromossomos.

Os casos de partenogênese são citados na literatura por Jagathesan (1971), que cita os seguintes autores: Dutt & Suba Rao (1933), Janaki Ammal (1941), Parthasarathy, (1946, 1951), Raghavan (1953, 1954), Sundararraghavan (1954) e Price (1959). Há muita divergência, entretanto, de haver uma descendência pelo processo apomítico. Muitos técnicos acreditam que esse processo reprodutivo seja meramente especulativo.

Os casos apresentados na literatura só poderão ser aceitos se os seguintes pré-requisitos forem preenchidos:

- Presença de macho-esterilidade absoluta nos clones maternos.
- Ausência absoluta de pólen contaminante no processo reprodutivo.
- Eliminação de cromossomas em blocos.

Este último item tem sido relatado na literatura como exequível, mas supor na plena e total realização dos dois primeiros itens é quase que exigir a realização do impossível, pois não se deve ter uma fé inabalável na macho-esterilidade total de uma variedade nem tão pouco numa ausência absoluta de contaminação no processo reprodutivo.

## Mecanismos de Incompatibilidade

A família Gramineae ainda não foi bem estudada quanto aos mecanismos de incompatibilidade, mas é nela que aparecem com maior frequência dois *loci* controlando o fenômeno da incompatibilidade. A grande complexidade dela, dentro dos cruzamentos entre espécies parentes, é possível, pela variabilidade das interações alélicas. Sua principal função é evitar a consangüinidade e promover o cruzamento entre indivíduos não parentes.

Algumas plantas são auto-incompatíveis, isto é, o seu próprio pólen não a fecunda. Entre elas, encontram-se mais de 3 mil espécies vegetais. Outras plantas são incompatíveis quando cruzadas com outra planta de genótipo semelhante.

O mecanismo desses dois tipos de incompatibilidade é explicado pela série de alelos "S". Quando há um alelo comum no grão de pólen e no tecido somático do tubo polínico, aquele tem a sua descida impedida por este. Na maioria das plantas, a incompatibilidade gametofítica é devida somente a um locus. Há, entretanto, exceções a essa regra. A literatura tem citado casos com *Secale cereale*, *Festuca pratensis*, entre outras espécies.

A incompatibilidade no gênero *Saccharum* é bem conhecida dos geneticistas que a estudaram, mas, até o momento, foi pouco investigada. A auto-incompatibilidade foi mais determinada em *S. robustum*.

## Macho-esterilidade

A macho-esterilidade ocorre mais freqüentemente em plantas descendentes de *S. sinense* e *S. barberi* do que naquelas de *S. officinarum*. Todavia, algumas canas nobres apresentam o fenômeno. Ele já foi registrado na 'Otaheite', 'Light Cheribon' e na série Tanna. É quase impossível, no entanto, tê-la em caráter absoluto.

Em programas de melhoramento da cana-de-açúcar, a macho-esterilidade reveste-se de uma importância muito grande, uma vez que é impossível praticar a emasculação das anteras. Assim, em cruzamentos biparentais, pode-se ter a certeza de um cruzamento entre as duas variedades, se houver o fenômeno da macho-esterilidade em uma delas. Em seus descendentes, conseqüentemente haverá cromossomos dos seus respectivos pais.

Na prática, determina-se a macho-esterilidade por meio do exame das anteras. Com o auxílio de uma lupa de aumento de 10 vezes, procede-se ao estudo das anteras, verificando se há deiscência das mesmas. Há necessidade também em se estabelecer parâmetros para a quantidade de pólen encontrado nas partes florais. Esse estudo deve ser efetuado em flechas cujo desenvolvimento floral já se tenha dado por completo. A deiscência é notada pela abertura do saco polínico. Uma variedade pode ser classificada como macho-estéril ou feminina pura quando o saco polínico estiver fechado e não for encontrado nenhum grão de pólen em suas partes florais.

Esses conhecimentos podem ajudar o pesquisador a contornar os problemas citogenéticos e ter mais sucesso em seus programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar.



# Cruzamentos

**N**a época da descoberta da cana-de-açúcar, o método de melhoramento existente era o das mutações espontâneas. Não se cogitava fazer cruzamentos interespecíficos ou mesmo intergenéricos para a cana. Muitos anos se passaram para que isso se tornasse realidade.

A primeira notícia de que a cana-de-açúcar se reproduzia por sementes foi veiculada em 1858, por Parris, em Barbados. A descoberta deu-se por acaso. O administrador da Fazenda Highlands Plantation encontrou *seedlings* se desenvolvendo em campos florescidos. Uma segunda notícia seria veiculada de Java, em 1862, e, em 1871, uma terceira notícia partiria das Ilhas Reunião.

Os estudos sobre esse assunto, em bases científicas, tiveram início em 1885, em Java, por Soltweld. Em 1887, ele conseguiu cruzar 'Glagh' (*S. spontaneum*) com 'Loethers' (*S. officinarum*). Esse foi o primeiro cruzamento de cana-de-açúcar feito por mãos

humanas de que se tem notícia. Dois anos mais tarde, ou seja, em 1889, trabalhando independente de Soltweld, Harrison & Bovel, em Barbados, também obtiveram sementes viáveis de cruzamentos de cana-de-açúcar (Segalla, 1964). O que se deseja, para essa cultura, é provocar uma heterozigose, por meio da germinação de suas sementes provenientes dos seus cruzamentos, multiplicando-a em homozigose através da propagação clonal, pela subdivisão dos seus colmos.

Para que um programa de melhoramento tenha sucesso, é necessário que se proceda a alguns estudos preliminares, no local de cruzamentos, antes de iniciá-lo. Assim, deverá ser conhecida a época de florescimento de cada variedade que irá participar do cruzamento. O comportamento da abertura do saco polínico de suas anteras e a viabilidade do pólen das mesmas são fatores importantes para o registro da variedade, que participa de um cruzamento, como feminina ou masculina. A variedade Co 290, por exemplo, tem exatamente, em Serra do Ouro, Murici, AL, um comportamento oposto, quanto ao sexo, daquele encontrado no Havai. Não devem ser esquecidos os problemas citogenéticos e os mecanismos de incompatibilidade genética ou citoplasmática que poderão influenciar o sucesso ou fracasso de um cruzamento.

## Seleção de Progenitores

Ao se proceder ao planejamento dos cruzamentos, deve-se levar em conta a árvore genealógica das variedades a serem envolvidas nos mesmos. Nela, deve ser verificada a produtividade média dos seus componentes, bem como a resistência dos mesmos em relação às pragas e doenças. Esses itens devem ser considerados antes mesmo de qualquer outro, assim como os mecanismos de incompatibilidade que envolvem as variedades em questão, quer sejam de ordem genética, quer sejam de ordem fisiológica, como a deiscência das anteras em horários ou épocas distintas. A grande probabilidade de sucesso, na obtenção de uma nova variedade, se dá quando se cruzam progenitores com características desejáveis e possíveis de serem executáveis. Há casos de recombinação genética, em que aparecem características desejáveis, nos descendentes de um cruzamento que não havia em seus progenitores. São, porém, ocorrências raras, mas não impossíveis.

A variedade planejada deve ser, a priori, melhor do que os seus progenitores e do que as variedades comercialmente cultivadas na região em que as mesmas serão introduzidas. Por esse motivo, os cruzamentos de comprovada eficácia são repetidos constantemente, nos mais diferentes centros de melhoramento genético da cana-de-açúcar espalhados pelo mundo. Esse procedimento levou inúmeros melhoristas a empregarem a POJ 2878 em seus cruzamentos e ela, atualmente, encontra-se presente na maioria das árvores genealógicas das variedades cultivadas comercialmente, em todo o mundo. Deve-se estimular, no entanto, o estudo de novos progenitores, para que outras recombinações genéticas sejam incorporadas nos programas de melhoramento dessa gramínea. Talvez o retrocruzamento com variedades nobres, combinado com variedades selvagens, pudesse contribuir com essa diversidade genética. Não se deve descartar a possibilidade de cruzamentos intergenéricos, utilizados com sucesso por apenas um pequeno grupo de pesquisadores. As excursões da Comissão de Germoplasma Internacional constitui fontes inesgotáveis de novos genes a serem incorporados em programas de melhoramento.

Os progenitores não devem ser escolhidos pela aparência vegetativa, pois nem sempre uma variedade de colmos avantajados e exuberantes preenche os requisitos necessários à indústria sucroalcooleira. Os registros de resistência às principais doenças deve ser considerado pelo conjunto dos testes efetuados em diferentes centros de pesquisa e não apenas em testes efetuados em um local apenas. Como exemplo, pode ser citada a variedade brasileira CB 45-3, suscetível ao carvão, no Brasil, e resistente aos testes efetuados pela equipe de fitopatologistas de Mont Edgecomb, na África do Sul.

Se uma variedade for obtida com maior produtividade do que aquelas que estão sendo cultivadas em um determinado local e, ao mesmo tempo, tiver um índice de suscetibilidade às doenças menor ou idêntico às já existentes, ela poderá ser considerada uma variedade melhorada porque nem sempre um melhorista consegue conciliar produtividade com resistência às principais doenças. É necessário que o pesquisador tenha um senso crítico no momento da seleção, para não descartar material que possa vir a constituir uma nova variedade. Não pode também multiplicar tudo quanto possa parecer útil, pois só tomará tempo e trabalho de sua equipe. Todo material

com possibilidade de fornecer bons descendentes deve ser estudado como um possível progenitor. A Estação Experimental de Campos trabalhou durante muitos anos com um número reduzido de progenitores e conseguiu um grande sucesso na obtenção de variedades melhoradas, espalhando-as por todo o Brasil e, quiçá, pelo mundo e, muitas delas, mantiveram-se em cultivo comercial, por mais de 40 anos.

Os colmos das variedades que irão participar de um cruzamento necessitam ser identificados botanicamente e classificados em masculinos ou femininos, por meio de etiquetas que contenham todos esses dados e outros mais, necessários a futuros estudos, como a data de sua realização, o nome do técnico que o realizou, etc.

## Características da Área de Cruzamento

A área física, na qual se processarão os trabalhos relacionados aos cruzamentos, deverá ter características próprias, a fim de possibilitar o florescimento de um grande número de variedades e, se possível, até de todas.

### Local

A escolha de uma área para a instalação de uma estação de floração e cruzamentos da cana-de-açúcar deve atender não somente ao processo de florescimento de suas variedades, como também permitir que as mesmas possam perfilhar com facilidade e em quantidade suficiente a produzir sementes viáveis e necessárias à obtenção de um grande número de *seedlings*. Se o local desfavorecer o florescimento, por exemplo, inúmeras variedades, de floração difícil, não terão a oportunidade de participar dos cruzamentos.

O acesso ao local de cruzamentos deverá ser facilitado por uma rede viária sem problemas de bloqueios em épocas chuvosas. Deverá ter um sistema de rede elétrica que satisfaça as exigências do trabalho a ser executado. Se o local estiver distante das redes de transmissão de energia, um conjunto de geradores deverá ser instalado para suprir essa exigência.

A topografia deverá permitir a construção econômica de escritório, laboratório, galpões para a efetivação dos cruzamentos, casa do vigia, galpão de máquinas e tantas outras dependências necessárias à condução do processo de cruzamentos. O terreno não deve ser acidentado, a fim de facilitar o plantio e os tratos culturais das variedades, bem como a coleta e o transporte das panículas para os galpões de cruzamentos.

As regiões do planeta próximas da linha do equador, 10° de Latitude Norte e 10° de Latitude Sul, são aquelas que proporcionam melhores condições de florescimento à cultura da cana-de-açúcar. É nela que a amplitude térmica permanece mais constante. Quando esta variar muito, há um decréscimo na quantidade de pendões florais. A variação diária entre a temperatura máxima e a mínima não deve estar além de 8°C, e os seus extremos deverão estar contidos num intervalo compreendido entre 18,5°C e 27,5°C. Em caráter excepcional, pode-se conseguir florescimento em temperaturas mínimas de 15°C e máximas de 35°C. Os pesquisadores discordam entre si sobre esse assunto. Comprovou-se que temperaturas noturnas muito baixas comprometem a viabilidade do pólen. As noites com 12 horas de duração propiciam o início do florescimento. A sombra, durante o dia, retarda o processo de florescimento mesmo em variedades de fácil floração e inibe-o nas de difícil.

No Brasil, diversos são os locais que já se prestaram ou ainda se prestam ao cruzamento da cana-de-açúcar, com a finalidade de desenvolver programas de melhoramento dessa cultura (Tabela 6).

**Tabela 6.** Municípios brasileiros em que foram efetuados cruzamentos da cana-de-açúcar e suas respectivas variedades.

Municípios	Estados	Variedades
Camamu	BA	SP
Campos	RJ	CB, CRP e IG
Curado	PE	Iane
Escada	PE	BJ e SC
Murici	AL	RB
Piracicaba	SP	IG
Ubatuba	SP	IAC

## Chuvas

As chuvas devem ser o mais uniformemente possível durante todo o ano. Elas são de muita importância para o programa de melhoramento, pelo fato de influenciarem favoravelmente no florescimento das variedades. Uma precipitação anual compreendida entre 2.000 e 3.500 mm é desejável para as necessidades de florescimento. Quando houver falta de chuva, deve-se compensá-la com irrigações, que devem ser feitas principalmente no período que anteceda a formação da panícula. No Brasil, essa formação acontece entre os meses de janeiro e abril. O conjunto de irrigação deve ter uma capacidade suficiente para suprir a falta d'água em toda a área plantada. Os equipamentos deverão receber revisões periódicas, a fim de estarem em condições de acionamento quando necessário.

## Solo

Os solos pobres em macronutrientes e com pH baixo proporcionam um bom florescimento. Por esse motivo, eles devem ser preferidos aos ricos e de pH alto. Pelo mesmo motivo, os solos profundos devem dar lugar aos rasos, apesar de não haver solos que propiciem o florescimento das variedades como muitas pessoas acreditam. Respeitadas as condições climáticas, qualquer solo se presta ao florescimento da cana, mesmo os mais ricos em macro e micronutrientes.

Quanto aos elementos essenciais de uma adubação (NPK), parece que o potássio não exerce influência alguma sobre o florescimento, enquanto um excesso de nitrogênio ou mesmo de fósforo pode inibi-lo. É por esse motivo que se deve controlar eficientemente as aplicações desses dois macronutrientes quando são feitas aplicações em áreas destinadas ao florescimento da variedade.

## Recomendações gerais

Essas recomendações aplicam-se a qualquer local onde se pretende implantar um programa de melhoramento da cana-de-açúcar, por meio de cruzamentos, livres ou controlados.

- O local onde for instalada a área de cruzamentos deve conter diversas coleções, incluindo, em cada uma delas, todas as variedades que irão participar dos programas de cruzamentos, naquele ano. Os plantios, de cada coleção, deve ser espaçado, um do outro, de 15 a 20 dias, para diversificar a possibilidade de se efetuar cruzamentos entre variedades que não florescem ao mesmo tempo, quando plantadas no mesmo dia. Com esse procedimento, uma variedade de florescimento precoce poderá ser cruzada com uma outra de florescimento tardio.
- O número de colmos por variedade é muito importante, uma vez que deles resultará a produção de sementes. Se o melhorista necessitar de um número maior de inflorescência de uma variedade do que de outra, deverá também plantar uma área maior dessa do que daquela que necessitar menos.
- A intensidade de florescimento das variedades deverá ser considerada, uma vez que, pela própria constituição genética, algumas delas o fazem com muita dificuldade. Um banco de dados, do material existente no local de cruzamentos, constitui um fator preponderante no sucesso do programa.
- A percentagem de germinação das sementes, variedade por variedade, deverá ser objeto de um estudo muito acurado, pois problemas citogenéticos poderão ser detectados por meio dessas observações.
- A capacidade da planta em ser uma ótima variedade difere daquela em produzir bons descendentes. Uma alta produtividade agrícola, aliada a uma quantidade de caldo compatível com a sua industrialização, é desejável. A resistência às principais pragas e doenças, encontradas nas principais regiões de plantio comercial, bem como uma razoável resistência quanto à seca e ao frio, é fator indispensável a uma futura variedade.
- O espaçamento entre os sulcos deve ter um intervalo de 2,50 m para cada dois sulcos de 1,50 m. No espaçamento maior, os operários poderão se locomover dentro do campo, nas inspeções periódicas e no manuseio e transporte das panículas. Os sulcos devem ser interrompidos de 10 em 10 m, por um carreador de 3 m. Toda variedade plantada

nos campos de cruzamentos deve ser identificada com placas exibindo seu nome, além da utilização de mapas apropriados.

- Ao transferir material de um local para outro, em época de plantio, todo cuidado deverá ser tomado com as identificações das variedades, a fim de se evitar erros nas renovações dos novos plantios. Para evitar confusões, todas as variedades deverão ser descritas botanicamente, pois, se houver um erro de identificação da variedade que se está cruzando, poderá surgir uma constituição genética não desejável.

Esses procedimentos são importantes e necessários para que todos os melhoristas envolvidos no programa tenham confiabilidade no que estão produzindo e possam contribuir para com os pesquisadores de instituições congêneres, a fim de que todos possam ser beneficiados com os resultados obtidos.

## Coleção de Variedades para Cruzamentos

Por coleção de variedades para cruzamentos entende-se o conjunto de variedades botânicas de *Saccharum*, híbridos interespecíficos e intergenéricos e outras gramíneas que possam ser utilizadas, em algum momento, no processo de melhoramento genético dessa cultura. Essa coleção difere de uma coleção comercial, em que o enfoque deve ser dado ao conjunto de variedades que possam ser plantadas na propriedade agrícola.

### Importância

É de fundamental importância que um banco de germoplasma esteja à disposição da equipe encarregada do melhoramento da cana-de-açúcar, em qualquer entidade mantenedora de um programa de melhoramento da mesma, de modo que possa existir todo e qualquer material necessário ao plano de cruzamentos a ser executado pela mesma.

Não somente um programa de melhoramento de cana-de-açúcar, mas sim, todo e qualquer programa de melhoramento de

plantas que deseje ter sucesso, necessita de uma coleção de variedades em número de espécies suficientes para atender os seus objetivos. Essa coleção deve ser conhecida em seus principais aspectos. Assim, a resistência às principais pragas e doenças deve estar registrada em livros apropriados. O mesmo deve acontecer com a adaptabilidade às diferentes regiões testadas, produção e riqueza sacarina, necessidade ou não de irrigação e tantos outros detalhes específicos de cada região ou de cada grupo de melhoristas. Essas informações podem ser obtidas nos diferentes relatórios técnicos dos institutos de pesquisa, em revistas especializadas e nos anais dos congressos internacionais da ISSCT.

Quando pesquisadores do Havaí iniciaram os trabalhos de melhoramento da cana-de-açúcar, em 1905, as variedades disponíveis como progenitores pertenciam ao grupo das espécies nobres, isto é, ao grupo *S. officinarum*. Atualmente, inúmeros híbridos intergenéricos enriquecem essa coleção para cruzamentos, fornecendo, com isso, alta variabilidade genética, desejada nos programas de melhoramento.

Se não houver variedades locais que satisfaçam às prioridades do programa de melhoramento, deve-se importar germoplasma que possa substituí-las. A introdução de material nobre ou silvestre, e mesmo híbridos interespecíficos ou intergenéricos, nos programas de cruzamentos é desejável, para aumentar a probabilidade de variabilidade genética e com isso, propiciar maior oportunidade de se obter uma variedade nova.

Toda e qualquer introdução de material alienígena a uma determinada região deve ser feita por intermédio de sistemas de quarentenas. Com esse procedimento, evita-se a disseminação de doenças indesejáveis à região. As introduções devem ser periódicas e podem ser provenientes das coleções internacionais que possuem o material coletado pelas excursões do Comitê de Germoplasma Internacional, da International Society of Sugar Cane Technologists. Essas excursões coletam periodicamente material nos centros de origem da cana-de-açúcar, constituindo, assim, uma fonte importantíssima de material genético para os programas de melhoramento da mesma.

As variedades obtidas, por meio de cruzamentos de progenitores existentes na coleção de cruzamentos, devem ser, após analisadas e testadas comercialmente, introduzidas na coleção que lhes deu

origem ou em outras tantas, que lhes tenham demonstrado interesse. Assim, variedades com maior riqueza sacarina, com maior resistência a pragas e doenças ou as que associam mais de uma característica de interesse comercial devem, obrigatoriamente, participar de futuros cruzamentos, para que o programa tenha o sucesso esperado.

As variedades estrangeiras, quando introduzidas, devem ter uma identificação correta. Algumas vezes, a identificação se perde no transporte ou quando não houve uma identificação acurada da variedade na própria origem. Se duas ou mais variedades chegarem ao destino com identificação duvidosa, o melhor que se faz é descartá-las imediatamente, procurando importá-las novamente.

Deve-se eliminar da coleção, periodicamente, as variedades que não tenham produzido bons descendentes. Em seus lugares deverão ser introduzidas variedades alienígenas ou as resultantes do próprio programa de melhoramento. Pode-se também, em vez de descartá-las, colocá-las em uma área separada da coleção de cruzamentos, denominada de museu. O grande problema desse museu é que, se não houver descartes anuais dentro dele, a sua área aumentará constantemente, dificultando o planejamento de futuros cruzamentos, por indefinições no seu processo. Um estudo criterioso desse material é desejável, para não haver acúmulo de material desnecessário indefinidamente. Portanto, o descarte é necessário toda vez que se concluir que um determinado material não se presta a futuros cruzamentos. Uma vez descartado, dificilmente voltará a fazer parte da coleção de cruzamentos, nesse local. O material agrupado em museus, somado aos que participam dos programas de cruzamentos, nas diferentes instituições de pesquisa do País, deveria ser agrupado em um único local denominado “Banco de Germoplasma Nacional de Cana-de-açúcar”, sob o patrocínio de uma instituição governamental, como a Embrapa, ou mesmo particular. Esse banco de germoplasma permitirá recuperar, quando necessário, a variabilidade genética ou mesmo conservar fatores genéticos de inestimável valor comercial.

## Coleção local

É aquela que deve existir em toda estação experimental, usina de açúcar, destilaria de álcool ou engenho de aguardente. É de

interesse restrito ou por vezes regional. Esse tipo de coleção é importante, pois pode servir como padrão à identificação de variedades que, porventura, tenham perdido a identidade. Por sua vez, ela serve de observação e comparação ao comportamento varietal quanto ao clima, solo e manejo da cultura. É interessante, por isso, colocá-la, repetitivamente, em diferentes locais da propriedade, principalmente onde houver diversidade de solo ou de microclima. Ela não necessita de muito espaço, pois, de 1 a 5 sulcos de 10 m são suficientes para as observações necessárias. Por exemplo, se uma coleção tiver 100 variedades, em parcelas de 4 sulcos de 10 m cada, e com espaçamento entre os sulcos de 1,50 m e espaçamento de 2,0 m entre as parcelas, a área necessária será de aproximadamente 7.200 m<sup>2</sup> para mantê-la apta a receber todos os tratamentos necessários. A sua produção, se não for destinada à multiplicação, poderá ser destinada à indústria, juntamente com outras canas da propriedade.

## Dinâmica das coleções

A coleção de variedades deve ser dinâmica, para incluir ou excluir variedades anualmente, de acordo com as necessidades do programa. Os melhoristas deverão eliminar de suas coleções variedades cujos defeitos ou suscetibilidades doenças venham comprometer sua habilidade como progenitor. Assim, variedades possuidoras de incompatibilidades genéticas, esterilidade feminina, facilidade de rachadura ou tombamento, gemas muito salientes, baixo teor de sacarose, suscetibilidade às principais pragas ou doenças da cana, variedades com identidade duvidosa, etc. deverão ser eliminadas e substituídas por outras de melhor performance.

Os centros de origem constituem a fonte inesgotável de variabilidade genética necessária aos diversos programas de melhoramento genético espalhados pelo mundo. As empresas de transformação podem enriquecer as suas coleções adquirindo variedades das instituições responsáveis pelo melhoramento genético. Essas instituições são mananciais de novos germoplasmas de interesse regional.

Uma coleção, para cruzamentos, deve começar com cerca de 2 mil variedades provenientes dos mais diferentes centros de

melhoramento do mundo, para poder apresentar uma variabilidade genética tão grande e eficiente quanto possível. Havendo um pequeno número de progenitores, corre-se o risco de se ter, após algum tempo, variedades fenotipicamente idênticas, geneticamente muito próximas e com um progresso esperado de seleção menor do que em populações provenientes de um grande número de progenitores. A variabilidade acentua-se quando se emprega o método do policruzamento.

A International Society of Sugar Cane Technologists, por meio do seu Germoplasm and Breeding Committee, possui duas coleções internacionais de progenitores: uma em Cananore, Índia, e outra em Miami. Periodicamente, essa sociedade patrocina excursões de técnicos especializados aos centros de origem onde se coleta e se identifica material que, possivelmente, poderia se perder com o crescimento populacional e a conseqüente ocupação de novas áreas.

As coleções nas empresas de transformação devem ser pequenas, distribuindo-se pela propriedade, tantas quantos forem os tipos de solo ou os microclimas da propriedade em questão.

## Cuidados com as coleções

As coleções devem estar sob constante vigilância, a fim de evitar a disseminação de pragas ou doenças alienígenas à região. O *roquing* periódico será uma prática salutar para conservar o campo isento de material indesejável. Quando necessário, deve ser feito o controle biológico de pragas, por meio da liberação de inimigos naturais. A aplicação de fungos entomopatogênicos, como é o caso da *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil., que controla a *Diatraea saccharalis* F., também deverá ser uma prática de rotina.

Na instalação da coleção, o terreno deverá estar isento de ervas invasoras. Esse controle é feito através de herbicidas específicos ou da carpa, manual ou mecânica. Deverão ser tomados todos os cuidados para não transformá-lo em sanitário público, já vez que ele deverá ser inspecionado freqüentemente e, sobre isso, os operários rurais deverão ser instruídos e conscientizados.

A coleção, quando de sua introdução, deve receber adubação e tratos adequados e ser irrigada freqüentemente. Muitas coleções, por vezes, possuem material raro de difícil aquisição.

## Intercâmbio de variedades

O intercâmbio não é só desejável como necessário. As variedades mais testadas no mundo foram a POJ 2878 e a Nco 310. Uma variedade, quando produzida em um local e levada para outro, pode revelar resistências ou suscetibilidades não apresentadas no local de sua obtenção. É o caso da CB 45-3, suscetível ao carvão, no Brasil, e resistente, na África do Sul.

O Havaí, por intermédio de convênios firmados com instituições brasileiras, teve a oportunidade de testar a maioria de suas variedades comerciais, com relação ao mosaico e ao carvão, aqui no Brasil.

O intercâmbio de variedades permitiu que se cultivassem variedades introduzidas de outros locais do País e até mesmo alienígenas. Por esse, processo as variedades brasileiras CB 36-14 e CB 41-35 já foram cultivadas em algumas regiões da África do Sul e participaram também de programas de cruzamentos da Estação Experimental de Mont Edgecomb. Em 1974, algumas variedades brasileiras e clones RB foram enviados a pesquisadores de Málaga, na Espanha.

## Características de um Progenitor

A variedade, para ser considerada uma progenitora, deve transmitir qualidades de interesse comercial aos seus descendentes, com relativa freqüência e facilidade. Entre elas, deve-se exigir uma alta produtividade de cana e açúcar por hectare. Algumas dessas informações são encontradas em publicações especializadas em cana-de-açúcar, referentes a pesquisas realizadas sobre o assunto. O conjunto de boas qualidades transmissíveis definirá ou não uma variedade como progenitora. A POJ 2878, por exemplo, é a variedade que participou o maior número de vezes em cruzamentos, nos mais diferentes centros de pesquisa em melhoramento da cana do mundo, inclusive no Brasil. Ela ainda detém hoje, o maior número de descendentes cultivados. As variedades Co 419 e CB 41-76, que foram cultivadas em São Paulo por longos anos, são descendentes da POJ 2878. Pelo fato de essa variedade ter tantos descendentes é que muitas variedades comerciais têm característica morfológicas

muito próximas, bem como identidades de produção e de suscetibilidades às pragas e doenças. Os pesquisadores têm procurado nos centros de origem, por meio de excursões científicas, novas fontes de germoplasma, a fim de minimizar a saturação genética presente nos atuais esquemas de melhoramento.

O cruzamento intergenérico, a biotecnologia, bem como o uso da radioatividade, têm sido ferramentas utilizadas por inúmeros pesquisadores com a mesma finalidade. Em Fiji, há muito tempo, já se fabrica açúcar proveniente de variedades obtidas pela cultura de tecidos.

As regiões não tradicionais no cultivo dessa gramínea são fontes importantíssimas no aparecimento de novas pragas ou doenças, acelerando, com isso, a degenerescência das variedades, valorizando cada vez mais os seus programas de melhoramento genético.

A instituição que lançar uma variedade nova no mercado deve fazê-lo com a descrição botânica da mesma, por meio do método de Jeswiet, citado por Calvino (1925), e aceito pela maioria dos melhoristas, que permite a sua identificação em qualquer local e época. A troca de identificação leva a informações errôneas, pois dados de uma variedade seriam creditados à outra e esses dados, arquivados e manuseados em futuras consultas, serão fontes de erros e conseqüentemente prejudicarão os programas de melhoramento que vierem a consultá-lo.

Uma variedade que perdeu a identificação, na coleção de cruzamentos, mas que se tem certeza de ser boa progenitora, não deve ser descartada dos programas de cruzamentos, mas identificadas com a sigla *ni* de 1 a *n*, assim como: *ni*1, *ni*2, *ni*3, etc. O mesmo processo pode ser empregado a uma variedade comercial que tenha perdido a sua identificação. Não se deve descartar uma boa variedade, em uma propriedade agrícola, só porque foi perdida a sua identificação. Dúvidas já existiram em variedades plantadas em larga escala no Brasil. A variedade argentina NA 56-79, por exemplo, teve a sua identidade estabelecida depois que pesquisadores argentinos reconheceram a sua identidade que havia sido perdida quando de sua introdução no Brasil. O mesmo já aconteceu com duas outras variedades CBs: a CB 41-14 e a CB 41-76. As duas têm a mesma ascendência e as mesmas características morfológicas.

## Um Pouco da História da NA 56-79

Em 21 de fevereiro de 1971, o Jornal de Piracicaba, em seu noticiário agrícola sobre o Instituto do Açúcar e do Alcool, trazia o primeiro informe sobre a NA. Dizia: “Novidade: a NA 56-62 (essa era a identificação original da mesma) é uma variedade nova de procedência argentina. Ela foi introduzida em 1964, pelo agrônomo Gilberto Miller Azzi e permaneceu dois anos em quarentena no IAA” (Novidade..., 1971, p. 2). Em seguida, metade das mudas foi levada para a Estação Experimental de Araras e a outra metade, para a Estação Experimental de Piracicaba (Instituto Agrônômico). Em 1970, ela foi aprovada em testes de carvão. Sua produção em cana e açúcar por hectare vem superando as demais variedades em cultivo. Apresenta grande precocidade de desenvolvimento e maturação. A despalha é fácil; porte ereto; não tem joçal. Cesnik et al. (1979) descreveram botanicamente essa variedade.

Fernandes (1983) reporta que a NA 56-79, além de ter sido identificada como NA 56-62, recebeu também a denominação de Napa, ou seja Norte Argentina Paranhos Azzi. Fernandes também afirma que foi Franco A. Fogliata, melhorista e professor da Faculdade de Tucuman, na Argentina, que retificou o nome para NA 56-79.

Em 1966, quando Azzi trouxe um tolete dessa variedade ao Brasil, jamais imaginaria que em 1981 ela ocuparia o primeiro lugar em área plantada no Estado de São Paulo, tirando essa primazia da Co 419.

## Bancos Internacionais de Germoplasma

São dois os bancos internacionais de germoplasma: um em Cannanore e outro em Miami. Os mesmos são subsidiados pelos seus governos. O objetivo básico deles é preservar os genes do gênero *Saccharum* em seu estado original. Isso se constitui de material colhido em estado nativo, semi-selvagem e em culturas primitivas. Neles ainda são inclusos gêneros afins a *Saccharum* e progênes de

sementes coletas de clones, em seus estados selvagens. Essas coleções também foram enriquecidas com material histórico e com híbridos obtidos por diversos melhoristas em diferentes continentes. Tais híbridos são periodicamente avaliados pelos técnicos que compõem o Germplasm and Breeding Committee, da International Society of Sugar Cane Technologists, e descartados quando assim os seus membros decidirem.

A distribuição de variedades ou clones para técnicos ou instituições interessadas é realizada uma vez por ano e por instituição requisitante, até o montante de 20 clones de 2 toletes de 3 gemas cada. As encomendas devem ser efetuadas anualmente, até o dia 30 de maio, e os embarques são feitos em fevereiro e setembro, em Cannanore e Miami, respectivamente. São os seguintes os endereços dessas instituições:

- **Sugarcane Breeding Institute**  
Coimbatore - 641 007  
(Tamil Nadu)  
Índia
- **Subtropical Horticulture Research Station**  
National Germplasm Repository Miami  
C.O. of Dr. R.J. Schnell, Research Geneticist/  
Curator 13601 Old Cutler Road  
Miami, Fl 33158  
E-mail: miars@ars-grin.gov  
USA

Observação: as despesas com frete devem ser pagas pelo requisitante e, por esse motivo, todos os pedidos deverão ser acompanhados de uma declaração de um agente de importação ou de uma companhia aérea garantindo esse pagamento.

Os clones comerciais que compõem a coleção internacional não são fornecidos por essas duas instituições. Eles devem ser solicitados diretamente às instituições que os produziram ou que os estão cultivando.

Os bancos de germoplasma recebem também a denominação de Coleções e assim eles podem ser denominados de “Coleção de Cannanore” e de “Coleção de Miami”.

## Coleção de Cannanore

No início da década de 50, perdeu-se uma coleção que havia em Java, e o VIII Congresso da ISSCT, realizado em 1953, nas Antilhas Britânicas, por sua Resolução n° 12, decidiu formar uma outra coleção, em idênticos moldes da coleção perdida. Em 1956, o IX Congresso, da mesma sociedade, realizado na Índia, por sua Resolução n° 8, declarou que a Coleção de Coimbatore era reconhecida como coleção mundial.

No ano seguinte, Canal Point enviou à Índia nada menos do que 321 exemplares de cana, incluindo um grande número de variedades de diferentes países. Esse material foi plantado em Taliparamba e, mais tarde, duplicado em Coimbatore. Em 1961, essas duas coleções foram reunidas em uma só e plantada em Cannanore, onde se encontra atualmente subordinada ao diretor-geral do Indian Council of Agricultural Research. Ela contém 3.340 clones, representando todas as espécies de *Saccharum*, híbridos comerciais históricos ou produzidos pelos processos de melhoramento e gêneros de gramínea correlatos com a cana-de-açúcar. Esse material está distribuído conforme a Tabela 7.

**Tabela 7.** Diversas espécies e gêneros correlatos de cana-de-açúcar encontradas em Cannanore, Índia.

Espécie/categoria	Número de clones*
<i>S. officinarum</i>	764
<i>S. barberi</i>	43
<i>S. sinense</i>	29
<i>S. robustum</i>	145
<i>S. spontaneum</i>	79
Híbridos estrangeiros	585
Híbridos indianos	1.020
Clones hindu-americanos	130
Coleção da Índia	393
Gêneros correlatos	152
<b>Total</b>	<b>3.340</b>

\* Dados fornecidos por B. K. Tripathi, diretor do Sugar Breeding Institute.

## Coleção de Miami

A Coleção de Miami, na Flórida, USA, está localizada na USDA Subtropical Horticulture Research Station e foi formada pela transferência da Coleção de Beltsville, em Mariland, e da Coleção de Canal Point, na Flórida, em 1976. A transferência dessa coleção deu-se em virtude da necessidade de protegê-la de áreas comerciais sujeitas aos mais diferentes tipos de pragas e doenças. A coleção presta-se a atender todo e qualquer programa de melhoramento que queira introduzir algum tipo de material em seu esquema de melhoramento.

Em 1985, foi instalado, em Miami, o Comitê de Germoplasma da Cana-de-açúcar, formado por cientistas da indústria, universidade da Flórida e agência federal, e que tem por objetivo prestar assessoria, visando à dinâmica da coleção.

Durante os anos de 1988 e 1989, foi feita uma classificação taxonômica da coleção. Reveal et al., citados por Schnell et al. (1997), desenvolveram 288 caracteres para diferenciar as *S. officinarum* existentes na coleção.

Em 22 de agosto de 1992, o Tufão Andrew, com ventos com cerca de 250 km/h, passou por essa estação experimental e eliminou 31% da coleção de cana, sendo a mais atingida a *S. edule*. Felizmente, parte desse material tinha sido enviado ao Brasil, para a Copersucar, que repôs o material perdido. Em Miami, existem as variedades brasileiras CB 45-3 e CB 41-76. Já em Canal Point, estão presentes 27 variedades CBs, 3 variedades IACs, 3 variedades RBs e 36 variedades SPs.

O material de Miami está distribuído conforme a Tabela 8.

## Tipos de Cruzamentos

No Capítulo 4, sobre *Métodos de Melhoramento*, foi definida a filosofia dos cruzamentos. Os procedimentos práticos para realizá-los estão descritos a seguir.

**Tabela 8.** Diversas espécies e gêneros correlatos de cana-de-açúcar encontradas em Miami, USA.

Espécie/categoria	Número de clones*
<i>S. officinarum</i>	661
<i>S. barberi</i>	121
<i>S. edule</i>	19
<i>S. sinense</i>	79
<i>S. robustum</i>	178
<i>S. spontaneum</i>	247
Híbridos estrangeiros	291
Variedades americanas	50
Gêneros correlatos	112
<b>Total</b>	<b>1.758</b>

\* Dados fornecidos por Ray Schenell, USDA-ARS, Miami, Fl.

## Autofecundação

Apesar de inúmeras variedades já terem sido obtidas por esse método, ele tem sido pouco utilizado no Brasil. Esse método só é recomendado para progenitores que contenham uma resistência acumulada às doenças. O processo não tem sido muito aceito, em virtude de os *seedlings* resultantes serem muito fracos. Conseqüentemente, eles são eliminados ainda nos primeiros estágios da seleção.

O processo em si é muito fácil. Após a comprovação da viabilidade do pólen, faz-se a identificação da variedade, por meio de etiquetas amarradas ao colmo e à proteção da inflorescência, isolando-a das demais, em ambiente isento de pólen estranho, como é o caso de isolamento em meio à mata. Pode-se ainda proteger as inflorescências com tecido, formando uma lanterna (Fig. 27).

Foto: Jacques Miocque



**Fig. 27.** Lanternas de pano protegendo cruzamentos biparentais em Camamu, BA.

## Cruzamento biparental

Este método de cruzamento envolve duas variedades: uma doadora de pólen, denominada de variedade macho ou masculina, e outra, receptora desse mesmo pólen, denominada de fêmea ou feminina. Há o biparental recíproco, isto é, as duas variedades são ao mesmo tempo doadoras e receptoras de pólen, aproveitando-se de suas próprias sementes.

O processo em si é bastante simples. Após a determinação das variedades a serem cruzadas, faz-se a identificação dos colmos por meio de etiquetas. Essas devem conter o número do cruzamento, o nome da variedade feminina, seguida do nome da variedade masculina, e a data da execução do mesmo.

Com o auxílio de uma tesoura, as espiguetas florescidas são podadas, acertando-se o comprimento dos colmos (Fig. 28), a fim

de a inflorescência feminina ficar um pouco abaixo da masculina. Com isso, facilita-se a polinização. Os colmos devem ser mantidos em solução nutritiva e protegidos por lanternas especiais (Fig. 29).



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 28.** Acerto do comprimento dos colmos de cana-de-açúcar para facilitar o cruzamento biparental.



Foto: Jacques Miocque

**Fig. 29.** Detalhe de lanterna protegendo um cruzamento biparental.

Em casas de vegetação, onde não houver possibilidade de contaminação por pólen estranho, pode-se separar os cruzamentos por divisões internas. No campo, quando houver espaço, isola-se um cruzamento do outro, no interior da mata, distanciando-os mais ou menos 30 m. Nesse caso, constroem-se pequenos estaleiros, para firmar os colmos em pé. Findo o período de fecundação, descartam-se os colmos masculinos, transferindo os femininos para galpões devidamente adaptados para o amadurecimento das sementes, onde eles permanecem de 20 a 25 dias. As sementes, depois de amadurecidas, são retiradas das inflorescências e acondicionadas em saquinhos de papel, normalmente deslindadas, para o aproveitamento de espaço no armazenamento e facilidade de semeadura. Elas são, assim, acondicionadas, colocadas em câmara fria a uma temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ , até o momento da semeadura.

As variedades utilizadas nos cruzamentos devem ser eleitas na véspera do cruzamento, pois, se o forem muito tempo antes, nem sempre estarão florescidas na época de serem cruzadas. Determina-se a quantidade de material feminino e masculino disponível. Com isso, pode-se prever a quantidade de colmos masculinos que envolverá os femininos, a fim de proporcionar um número suficiente de grãos de pólen para produzir muitas sementes. Os cruzamentos, após efetivados, deverão ser registrados em livro próprio.

## Policruzamento

Esta modalidade de cruzamento não é muito utilizada em cana-de-açúcar. Usa-se uma derivação denominada cruzamento múltiplo ou *melting pot*, desenvolvida no Havaí, durante a Segunda Guerra Mundial, por falta de mão-de-obra. Cesnik (1962) introduziu essa metodologia de cruzamentos nos trabalhos de melhoramento do Instituto de Genética da Universidade de São Paulo, anexo à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Campus de Piracicaba. Nessa época, foram utilizados colmos florescidos de variedades encontradas nas regiões de Araras, Piracicaba e Ribeirão Preto. Na década de 70, tanto a Copersucar como o Planalsucar adotaram essa metodologia como filosofia de seus cruzamentos.

Este método permite produzir um grande número de sementes, pela minimização de interferências provocadas pelas incompatibilidades

genéticas e pela probabilidade de haver um maior número de combinações gênicas. Warner (1953a, 1953b) calculou que as sementes provenientes de 200 inflorescências de progenitores diferentes, obtidas pelo método do *melting pot*, poderiam resultar em 19.900 combinações genéticas distintas, excluindo-se as autofecundações e os cruzamentos recíprocos.

Para realizá-lo, colocam-se de 5 a 8 colmos, de diferentes variedades eleitas, em baldes ou calhas apropriadas, contendo uma solução nutritiva. Esses colmos devem estar devidamente identificados como femininos ou masculinos e fixados por intermédio de estaleiros especiais. Uma solução nutritiva irá conservar os colmos durante o período de fecundação floral e o de amadurecimento das sementes. A mesma variedade poderá se fazer presente em baldes vicinais. É mais importante a presença de um grande número de variedades em diversos pontos do *melting pot* do que um grande número deles de uma só variedade (Fig. 30). Os colmos ficam nesse processo até o completo amadurecimento das sementes. Após esse amadurecimento, as sementes devem receber os procedimentos normais de secagem, acondicionamento e armazenagem.



Foto: Roberto Cesnik

Fig. 30. *Melting pot* na Sub-estação de Floração e Cruzamentos de Murici, AL.

Quando este processo é utilizado, não há necessidade de manter um registro de cruzamentos em livro próprio. Somente anotações em um banco de dados das variedades femininas e dos seus possíveis cruzamentos, isto é, as possíveis variedades masculinas. Essas são as variedades de um mesmo balde ou de seus vicinais, na data da instalação do cruzamento.

Esse processo consome uma quantidade maior de solução nutritiva do que o processo do cruzamento biparental, por empregar maior número de colmos por balde.

### ***Melting pot* específico**

A diferença existente entre o *melting pot* normal e o específico deve-se ao tipo de variedades utilizadas e à maneira de conduzi-las. O *melting pot* específico deve ser conduzido isoladamente dos demais *melting pot*, a fim de evitar possíveis contaminações. Esse processo de cruzamento presta-se a obter variedades ricas em açúcar ou resistentes a uma determinada doença. É um processo que proporciona ao pesquisador, de maneira fácil e rápida, a transferência de genes de variedades resistentes para as não resistentes, ou para aumentar a probabilidade de resistência nas variedades já resistentes, por meio da recombinação gênica. A resistência às doenças devem ser comprovadas posteriormente, por intermédio de testes fitopatológicos. Estes devem ser conduzidos, isoladamente, no campo ou em casas de vegetação.

O *melting pot* específico leva vantagens sobre o não específico, por solucionar problemas com maior rigor e rapidez. Os não específicos, por não considerarem as resistências às doenças, proporcionam maior percentagem de descarte nos primeiros estágios de seleção.

Desejando-se obter resistência a determinada doença, colocam-se juntos colmos de todas as variedades com resistência para aquela doença, disponíveis no dia do cruzamento, para cruzar com colmos de variedades macho-estéreis, ou seja, de variedades femininas legítimas que apresentam ou não resistência a essa doença e com características agrônômicas desejáveis, como uma alta produtividade em açúcar, por exemplo.

# Procedimentos Utilizados nos Cruzamentos

Os cruzamentos podem ser processados livremente ou sob condições controladas, não importando o tipo escolhido.

## Cruzamentos livres

São os mais fáceis de serem conduzidos, mas, pela maior facilidade de contaminação, quase não são empregados. Nesses, não se consegue controlar as variedades fornecedoras de pólen.

**Fileiras alternadas:** este processo pode ser empregado para os cruzamentos biparentais. As variedades, no entanto, devem florescer na mesma época, fato que limita o seu emprego. Planta-se um sulco com a variedade feminina entre dois sulcos da variedade masculina. O campo pode ter a área que o pesquisador desejar.

**Coleção de variedades:** este processo pode ser utilizado como um derivativo do *melting pot*. Neste caso, a probabilidade de recombinação genética é maior do que no processo de fileiras alternadas. Nesse processo, planta-se um grande número de variedades, sorteadas ao acaso, em touceiras distanciadas de 1,50 m uma da outra. Após o florescimento coletam-se as inflorescências, identificando-as com uma etiqueta onde se anota o nome da variedade mãe e a data da coleta. Para a variedade masculina, escreve-se *nd* (não identificada) ou simplesmente ? (ponto de interrogação).

## Cruzamentos controlados

São os mais utilizados em cana-de-açúcar no mundo todo. No *melting pot* não se controla, com plena fidelidade, a identidade masculina. Supõe-se que essa variedade esteja entre as variedades participantes daquele cruzamento. Esse controle não ocorre quando se coletam sementes no campo.

Para facilitar os cruzamentos, é adotada uma série de procedimentos para que ocorram a fecundação e a maturação das sementes. Entre eles, podem ser citados:

**Alporquia:** provoca-se o enraizamento do colmo, no campo, envolvendo-o com um recipiente de barro ou com um invólucro de polietileno contendo solo fértil. Há variedades que enraízam com mais facilidade do que outras. Quando os colmos estiverem florescidos, serão desligados da touceira e transferidos para a área de cruzamento, geralmente em local protegido das intempéries. Esse processo é muito trabalhoso e só é empregado em pequenos programas de melhoramento genético. Tem a vantagem, no entanto, de conservar os colmos com as folhas verdes durante o período compreendido entre os cruzamentos e a maturação das sementes. A descoberta do emprego de soluções nutritivas tornou esse procedimento obsoleto.

**Lanterna:** é utilizada junto com a alporquia ou com a solução de  $\text{SO}_2$ . As lanternas (Fig. 27 e 29) podem ser confeccionadas com material opaco ou transparente. Nesse caso, emprega-se celofane ou plástico e, naquele, tecido ou papel pardo.

**Solução de  $\text{SO}_2$ :** na década de 20, um grupo de pesquisadores da Hawaiian Sugar Planter's Association verificou que soluções diluídas de  $\text{SO}_2$  prolongavam a sobrevivência do colmo da cana, quando este era cortado e retirado de sua touceira. Logo em seguida ao corte, o colmo era mergulhado nessa solução. Esses mesmos pesquisadores verificaram que, adicionando uma solução de ácido fosfórico na solução de  $\text{SO}_2$ , aumentava a performance do florescimento quando essa composição era comparada à solução de  $\text{SO}_2$  utilizada isoladamente. A partir de então, outros pesquisadores passaram a utilizar desse procedimento para a realização de cruzamentos de variedades e, atualmente, esse procedimento é consagrado e empregado no processo de cruzamentos em todo o mundo (Fig. 31).

Inúmeros testes foram feitos até ser encontrada a fórmula ideal para a conservação dos colmos durante o processo de cruzamentos. A fórmula clássica é composta de: 150 ppm de  $\text{SO}_2$  para 85 ppm de  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Cesnik (1961), no Instituto de Genética da Universidade de São Paulo - USP -, em Piracicaba, SP, utilizou, com excelentes resultados, a seguinte solução nutritiva: 100 ppm de  $\text{SO}_2$  + 60 ppm de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + 10 ppm de  $\text{HNO}_3$ . No Havaí, Urata (1958), após exaustivas pesquisas, introduziu outros elementos que conservam os colmos por mais tempo e produzindo ainda melhores sementes.

**Fig. 31.** Tanques de soluções nutritivas utilizados na Estação de Floração e Cruzamentos de Camamu, BA.



Foto: Jacques Mlocque

A solução de Urata tem a seguinte composição: 100 ppm de  $\text{SO}_2$  + 25 ppm de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + 25 ppm de  $\text{HNO}_3$  + 25 ppm de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 25 ppm de  $\text{HCl}$ . O  $\text{SO}_2$  em contato com a água transforma-se em  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

Mangelsdorf (1967) cita que J. A. Verret, engenheiro agrônomo da Hawaiian Sugar Planter's Association, fez testes, em 1924, com mais de 100 soluções contendo os mais diversos conservantes. Verret descobriu que todas as soluções testadas, contendo uma parte de gás sulfuroso ( $\text{SO}^2$ ) entre 2.000 e 5.000 ppm., conservavam o colmo em seu estado vegetativo durante várias semanas, até a formação das sementes. Após exaustiva experimentação, Verret estabeleceu a seguinte fórmula de solução nutritiva:

$\text{SO}_2$  (Dióxido de enxofre) 150 ppm

$\text{H}_3\text{PO}_4$  (Ácido fosfórico) 75 ppm

$\text{H}_2\text{SO}_4$  (Ácido sulfúrico) 37 ppm

$\text{HNO}_3$  (Ácido nítrico) 37 ppm

O Planalsucar, na sua Subestação de Floração e Cruzamentos, em Serra do Ouro, no Município de Murici, AL, utilizou a seguinte solução nutritiva, em seu programa de cruzamentos: 10 L de água da chuva + 40 mL de uma solução aquosa e saturada e + 3 mL de uma solução *stock* de ácidos não voláteis. Essa solução era composta de: 710 mL de água + 54 mL de  $H_2SO_4$  a 96% + 103,5 mL de  $HNO_3$  a 65% + 132,5 mL de  $H_3PO_4$  a 85%. As duas soluções somente eram misturadas no momento de sua utilização. No dia seguinte, renovava-se a solução de todos os baldes, uma vez que a solução colocada no dia anterior tinha sido absorvida, quase totalmente, pelos colmos. No dia outro dia, trocava-se a solução existente por outra saturada apenas com  $SO_2$ . Nos 3 ou 4 dias subseqüentes, adicionavam-se 20 mL da solução saturada de  $SO_2$ , preparada no momento da troca.

Miocque et al. (1978), cruzando canas na Estação de Cruzamentos da Copersucar, em Camamu, BA, utilizaram água de córrego tratada com betonita e sulfato de alumínio, com resultados surpreendentes. Essa água, após tratada, substituiu a água da chuva e também a água destilada (Fig. 32).

Foto: Jacques Miocque



**Fig. 32.** Sistema de tratamento de água de córrego com betonina, Camamu, BA.

# Da Semente à Variedade

**A**pós a realização dos cruzamentos e a obtenção das sementes, realiza-se o processo de seleção. Esse procedimento, com trabalhos práticos de campo e laboratório, faz parte de todo e qualquer programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar. Todo esse processo de seleção, abordado neste capítulo, é repetido anualmente, ao longo do tempo, e sempre tem início a partir de novos cruzamentos. É um ciclo contínuo que só termina com a interrupção ou com a extinção do programa.

## Sementes

Para a maioria das espécies cultivadas, botanicamente falando, a semente é a parte da planta encarregada da sua reprodução. Essa característica não é válida para as plantas de reprodução vegetativa como é o caso da cana-de-açúcar. Nessas variedades, as sementes

só têm valor para o melhoramento genético. Na grande maioria das espécies porém, além da semente ser o órgão reprodutivo, pelo qual a mesma se perpetua, ela constitui também a fonte de alimento para homens e animais, podendo ainda ser uma fonte energética, como ocorre com a Palmeira Babaçu.

Os cruzamentos em cana-de-açúcar devem ser bem planejados e conduzidos dentro de critérios específicos, para a obtenção de sementes de boa qualidade com alto poder germinativo, assegurando, assim, o sucesso do programa de seleção e de melhoramento. Se não houver sementes, certamente não poderá haver novos *seedlings* e, sem eles, não há processo de seleção; conseqüentemente, não haverá novas variedades.

O processo de obtenção de sementes, após os cruzamentos, envolve as seguintes fases:

## **Maturação**

A semente só está madura após estar completamente formada. Na cana-de-açúcar, o amadurecimento ocorre entre 20 e 25 dias depois do óvulo ser fecundado pelo pólen.

O desabrochar das flores inicia-se do ápice para a base da panícula. O mesmo fenômeno acontece com a maturação das sementes. Assim, quanto mais tardiamente a panícula for coletada, maior será a probabilidade de se obter sementes totalmente maduras.

Quando o cruzamento for feito artificialmente, todo o processo de maturação pode ser controlado. Deve-se anotar, na etiqueta de identificação, a data da realização do cruzamento. Os colmos devem permanecer em solução nutritiva até a sua completa maturação.

## **Secagem**

Após o amadurecimento, as sementes devem ser retiradas da raque, junto com as espigas, a etiqueta do colmo e o saco de papel, quando este for o procedimento utilizado. Anota-se no exterior do saco os dados existentes na etiqueta, acrescentando-se a data da coleta das sementes. Todas as sementes de um mesmo cruzamento, mas de colmos diferentes, podem ser embaladas juntas, para facilitar o

manuseio, o armazenamento e os diferentes controles de escritório. Os sacos, após identificados, são colocados em galpões arejados, com alta temperatura e baixa umidade, para que se realize o processo de secagem (Fig. 33). Normalmente, são suficientes 24 horas, nessas condições, para que se complete a secagem. Entretanto, por medida de segurança, deve-se ampliar esse espaço de tempo para 48 horas. A secagem no campo pode parecer mais rápida do que a efetuada em galpões, porém, em condições de campo, as sementes se perdem pela ação dos ventos, cuja perda pode ser evitada protegendo-se as panículas com lanternas, como mostra a Fig. 27 e 29, do Capítulo 6.

Toda secagem provoca uma diminuição de peso, conseqüência da perda de umidade que pode ser avaliada, em percentagem, pela seguinte fórmula matemática:

$$PP \% = (U_i - U_f) \cdot 100 \div (100 - U_f)$$

sendo:  $U_i$  = umidade inicial e  $U_f$  = umidade final.



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 33.** Processo de secagem natural de sementes de cana-de-açúcar em Murici, AL.

## Limpeza

Esse processo oferece a vantagem de proporcionar um volume reduzido de material que pode ser guardado em caixas hermeticamente fechadas por um longo período de tempo. Ela previne, em parte, o aparecimento de fungos e bactérias, pela facilidade que proporciona ao procedimento de desinfecções apropriadas. Duas são as formas de se realizar a limpeza: por meio do deslintamento ou com o uso de insufladores, que separam as sementes por meio de alguns padrões de densidades.

**Deslintamento:** é o processo pelo qual o línter é separado da semente propriamente dita, com a finalidade de facilitar seu manuseio, sua estocagem e semeadura. É a primeira limpeza que pode ser feita no *fuzz*. O deslintamento pode ser executado manual ou mecanicamente. Manualmente, faz-se por meio de carpetes de nylon ou do fogo. Mecanicamente, ele é feito com o uso de máquinas especialmente desenvolvidas para esse fim. Por sua vez, o envio aéreo de sementes deslintadas torna-se mais seguro, mais fácil e mais econômico.

A maneira mais simples de deslinter o *fuzz* é pela flambagem; entretanto, ela tem a desvantagem de reduzir o poder germinativo da semente. A flambagem foi a primeira tentativa de separar as sementes da raque, onde se encontram também as espigas, espiguetas e o línter.

Silva (1975), em São Paulo, desenvolveu uma metodologia para o deslintamento de grandes quantidades de sementes. Já Peerun et al. (1978), em Mauritius, desenvolveram um processo mecânico muito simples e de baixo custo.

**Insuflador:** o insuflador é um aparelho de sopro que se presta para separar material leve do mais pesado ou vice-versa. Esse processo foi testado no Brasil, na limpeza de sementes deslintadas de cana-de-açúcar, por Hoffman et al. (1979).

## Armazenamento

Nem sempre a época da semeadura coincide com a época dos cruzamentos e conseqüentemente da obtenção das sementes.

Por esse motivo, deve-se armazená-las convenientemente, para a preservação do poder germinativo, o mais alto possível.

Durante muitos anos, os programas de melhoramento da cana-de-açúcar, que produziram sementes no Brasil, utilizaram-se de dois processos de armazenamento, para a conservação do poder germinativo de suas sementes: em câmaras úmidas ou secas. Nestas, a umidade não deve ultrapassar os 35% e, naquelas, ser maior do que 60%. As câmaras frias já foram as mais utilizadas nesse processo. Ultimamente, entretanto, abandonou-se o processo de conservação das sementes a baixas temperaturas. Utiliza-se, após o seu deslntamento, colocá-las em sacos de papel Kraft e secá-las em estufas a uma temperatura de 30° C, até conservarem um máximo de 10% de umidade. Após esse procedimento, elas são armazenadas em tambores de plástico, com silicato gel, para manter constante a baixa umidade, que, assim conservada, mantém seu poder germinativo por 2 anos.

A germinação decresce em condições adversas. Quando se faz necessário a movimentação ou o manuseio do material estocado nessas condições, deve-se fazer colocando-o em invólucros de isopor contendo sílica gel ou cloreto de cálcio anidro. Com esse procedimento, cria-se um microambiente pouco influenciado pelas condições climáticas externas, que são os fatores que determinam a queda do poder germinativo. A embalagem de isopor proporciona condições de manuseio e transporte por um período não muito longo. Um outro tipo de embalagem com menor eficiência ainda do que a de isopor é a caixa de plástico.

## Caixas para Semeadura

As caixas a serem utilizadas no processo de semeadura devem ser leves, resistentes e de fácil manuseio. Bandejas de plástico, sem bico, utilizadas em laboratório fotográfico, são utilizadas com grande sucesso em todos os programas de melhoramento de cana-de-açúcar do Brasil. Elas substituíram as caixas de madeira e as de cimento amianto utilizadas anteriormente. A bandeja de plástico, quando cheia de substrato e com os *seedlings* desenvolvidos, chega a pesar, mais ou menos, 5 kg contra 13 kg das caixas de cimento amianto, utilizadas anteriormente. A única desvantagem do plástico é que

ele se polimeriza com o tempo, trincando. Esse fato ocorre principalmente quando a caixa é submetida a um tratamento com brometo de metila, para desinfecção. Evitando-se esse procedimento, a durabilidade da caixa de plástico é satisfatório. As caixas, rotineiramente, devem ser limpas com detergente, com o auxílio de uma escova de cerdas duras para a remoção de todo e qualquer material estranho.

Quando fornecidas pelo fabricante, elas não são perfuradas. Deve-se fazer de 4 a 5 furos com 1 cm de diâmetro, a fim de facilitar a drenagem da água de irrigação. Esses furos devem ser cobertos com uma folha de papel para evitar o vazamento do substrato, provocando, com isso, uma erosão no interior da caixa.

As caixas devem ser identificadas com uma etiqueta de plástico, anotando-se o número do cruzamento e a data da sementeira (Fig. 34).

Foto: Roberto Cesnik



**Fig. 34.** Caixas de sementeira etiquetadas com a referência do cruzamento.

## Substrato para a semeadura

A mistura a ser utilizada como substrato deve possuir alto teor de matéria orgânica, a fim de proporcionar um bom desenvolvimento dos *seedlings* em sua fase inicial de crescimento. Cesnik et al. (1977) obtiveram boas germinações e um desenvolvimento uniforme dos *seedlings* quando uma percentagem, em volume, de 30% a 60% de esterco de curral bem curtido fazia parte do substrato. Quando os referidos autores utilizaram areia lavada de rio, em qualquer percentagem, o crescimento inicial dos *seedlings* era prejudicado.

No Nordeste brasileiro e em alguns países, emprega-se a fibra desfiada de coco-da-baía como componente de substrato. Pode-se ainda empregar a torta do Filtro Oliver, devidamente curtida, tomando-se o cuidado para que ela não contribua para acidificar o substrato.

A granulometria do substrato é muito importante na fixação dos *seedlings*, pois torrões dificultam a sua fixação. O substrato deve permitir uma boa drenagem para não acumular água em excesso. Nos procedimentos de semeadura do Planalsucar, na década de 70, em Araras, SP, foi feita, com sucata de máquina de beneficiar café, uma peneira vibratória de malha fina, que serviu para peneirar todo material que pudesse ser utilizado como substrato em seus programas de germinação das sementes e repicagem dos *seedlings*. Um misturador vertical, do tipo utilizado na mistura de rações, também foi introduzido nessa unidade de pesquisa, com a finalidade de melhorar a mistura do substrato e, com isso, o seu desempenho. Em consequência dessas providências, houve também maior economia de tempo no preparo dos substratos, melhor desempenho no desenvolvimento dos *seedlings*, deslocamento de mão-de-obra para outras atividades e maior rapidez na execução do programa anual de produção de *seedlings*.

## Fumigação do substrato

O substrato deve ser fumigado após ter seus elementos misturados ou mesmo ter os seus elementos fumigados antes da mistura. A finalidade é eliminar o aparecimento de *Fusarium*, fungo fitopatogênico aos *seedlings*, e evitar o aparecimento de ervas

daninhas capazes de fazer concorrência aos próprios *seedlings*. O aparecimento de plantas daninhas, nas caixas de sementeira, atrapalha o processo de germinação e, mais tarde, o de repicagem.

A fumigação deve ser feita com brometo de metila, utilizando-se 30 cc. do fumigante por metro cúbico do substrato (pelo Protocolo de Montreal, o Brasil poderá empregar o brometo de metila até 2015). O processo de fumigação em si é muito fácil. Cobre-se com um plástico apropriado para fumigação todo o material a ser fumigado. Sob esse plástico, colocam-se latas de brometo de metila voltadas com o topo para baixo e em cima de um prego, previamente fixado em um pedaço de madeira. Vedam-se as bordas do plástico com terra ou areia. Em seguida, vazam-se as latas, apertando-as contra os pregos, para que o gás escape e atue no material. É melhor fumigar cada componente do substrato separadamente, guardando-o em um galpão adequado. A fumigação antecipada dos elementos que compõem o substrato proporciona a evaporação do excesso de gás. Esse excesso evapora antes ou mesmo durante o processo de mistura dos elementos que irão compor o substrato. Os resíduos do gás poderão interferir negativamente no processo de germinação e por isso devem ser eliminados antes da sementeira.

Um outro método de fumigação é o que emprega a circulação de ar quente ou mesmo vapor d'água através do substrato. É um processo caro, que requer equipamento especial e muito pouco utilizado por pesquisadores envolvidos no melhoramento da cana-de-açúcar.

## Sementeira

Após a escolha do melhor tipo de caixa e do substrato adequado, enche-se a caixa com o substrato, fazendo-se o nivelamento do mesmo com o auxílio de um sarrafo de madeira, passado por cima da caixa e tendo por guia as suas próprias bordas. Feito isso, faz-se uma irrigação prévia. Deve-se esperar a percolação da água até que o substrato fique ligeiramente úmido. Um sistema de irrigação, para caixas de germinação que utiliza um bico pulverizador de jato em leque, adaptado na ponta de um pedaço de cano de PVC de  $\frac{3}{4}$ ", com um comprimento de mais ou menos 30 cm, presta-se para esse fim.

No momento da sementeira propriamente dita, faz-se a adaptação de uma guarnição de madeira, envolvendo as bordas da caixa, com a finalidade de impedir que as sementes saiam da caixa. Sementes com línter dificultam a sua esparramação em cima do substrato. Facilita-se o processo de sementeira, de sementes com línter, por intermédio de um arame fino em forma de ípsilon (Fig. 15 do Capítulo 3).

Em seguida, irriga-se copiosamente o *fuzz*, encharcando-o e espalmado-o várias vezes, a fim de que as sementes entrem em contato com o substrato (Fig. 35). Sementes cobertas com areia ou terra finamente peneirada germinam menos do que as conduzidas, espalmado-as. Caso a germinação ocorra acima do substrato, após uma semana da sementeira, faz-se o peneiramento de terra fina por cima dos *seedlings*, para que eles não tombem e tenham aspecto vigoroso.

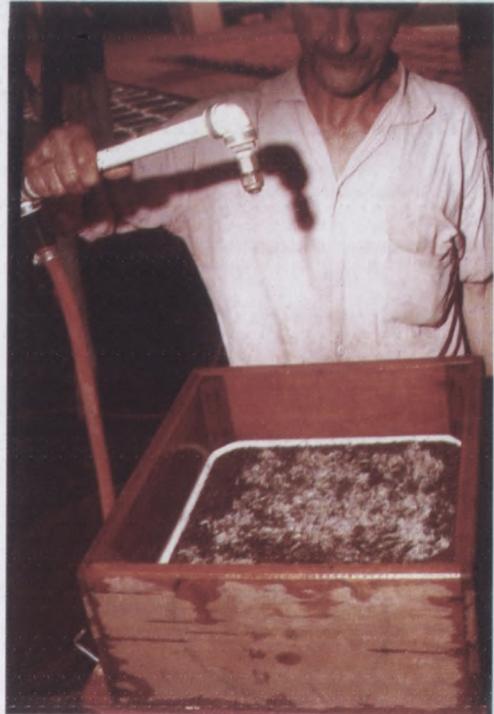


Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 35.** Irrigação das sementes após a sementeira.

A caixa, após semeada, deve ser identificada com uma etiqueta de plástico, contendo dados relativos ao cruzamento e a data de sua semeadura. Ao se transferir a moldura de uma caixa para outra, deve-se retirar qualquer semente que possa ter ficado como resíduo da semeadura anterior. Se sementes estranhas ficarem residualmente em caixas semeadas com variedades diferentes, constituirão motivo de contaminação para a nova variedade que está sendo semeada.

## Pulverizações

Logo após a semeadura, faz-se uma pulverização preventiva com um fungicida orgânico não mercurial. No dia seguinte, uma nova pulverização com fungicida à base de Maneb e, no terceiro dia, uma outra pulverização à base de Ferbam. Elas têm a finalidade de evitar o aparecimento de fungos patogênicos ou saprofitos, principalmente do *Pythium*. Com esse procedimento, evitam-se os problemas causados por fungos. Utilizando-se dessa tecnologia, associada à desinfestação da casa de vegetação, pode-se também suprimir a utilização do tradicional lava-pés, instalado na porta de entrada da casa de vegetação, recomendado por muitos pesquisadores. Se houver o aparecimento do *dumping off*, deve-se repicar os *seedlings* imediatamente e fazer uma pulverização com fungicida à base de Maneb.

## Regas

Devem ser abundantes e freqüentes. Os bicos em leque (Fig. 34 e 35) devem ser os preferidos, não somente para cana-de-açúcar como também para outras plantas que produzem sementes pequenas. Três a quatro regas diárias são suficientes para conservar o substrato sempre úmido. Recomenda-se irrigar também o piso, a fim de manter o ambiente saturado de umidade.

## Germinação

Consiste na emergência e no desenvolvimento dos órgãos embrionários da semente. Uma boa germinação é, sem dúvida alguma, um fator importante em qualquer programa de melhoramento.

Após a semeadura, as sementes iniciam a germinação com o seu entumescimento e o rompimento da cutícula. Emergem então a ponta da raiz e os primórdios do caule. Isso acontece num intervalo de 3 a 5 dias (Fig. 16 do Capítulo 3). Nesse momento, poderá estar surgindo uma nova variedade de cana.

## Controle da temperatura

Esse controle é muito importante para o processo de germinação. A temperatura crítica, determinada pela maioria dos pesquisadores, situa-se ao redor de 18,5°C, mas a ideal encontra-se na faixa de 25% a 32°C. Temperaturas mais baixas inibem a germinação. Para se obter temperaturas constantes, utilizam-se os ambientes controlados, conseguidos em casa de vegetação. Quando a temperatura abaixa, os aquecedores são acionados automaticamente, por meio de termostatos. Deve-se evitar o uso de aquecedores a gás, que não permitem um controle eficiente da temperatura e ainda causam distúrbios físicos nos operários, que são obrigados a estar constantemente em contato com eles no interior da casa de vegetação. Esse ambiente funciona como sauna, sendo um tanto desconfortável para as pessoas que tenham que passar a maior parte do dia nesse trabalho. Aconselha-se um rodízio entre as equipes de operários que trabalham no setor de melhoramento, fazendo com que cada operário trabalhe somente algumas horas/dia no interior da casa de vegetação. Com o sistema de rodízio, pode-se minimizar inúmeros problemas que surgem sem ele.

## Insucessos na germinação

Às vezes, a germinação deixa de ocorrer; outras, o número de *seedlings* obtido é muito pequeno em relação à quantidade de sementes utilizadas. Poderão estar ocorrendo fatos que, se não detectados, colocarão em risco o programa de melhoramento. Entre eles, podem ser citados:

**Fertilidade da variedade mãe:** um progenitor feminino pode ser fértil, estéril ou intermediário. A fim de comparar diferentes cruzamentos entre si, utiliza-se uma quantidade padrão de sementes,

como por exemplo 2,5 g. Sementes deslintadas poderão ser comparadas com outras deslintadas. Não se deve comparar deslintadas com não deslintadas. A germinação irá depender do número de sementes viáveis existentes na amostra.

**Grau de fertilidade:** os estigmas das flores entram em contato com pólen fértil ou não. Da viabilidade do pólen é que depende a fecundidade do óvulo e, do número fecundado, ter-se-á o grau de fertilidade da variedade, quando se inclui, nesse processo, os mecanismos de esterilidade e de incompatibilidade da variedade. Tudo isso atua diretamente no processo de fertilização do óvulo e, conseqüentemente, no resultado do número de *seedlings* resultantes do cruzamento.

**Fitossanidade das panículas:** é muito importante que se obtenha material de boa qualidade dos cruzamentos. Sementes guardadas úmidas ou que sofreram um processo de fermentação dificilmente germinarão. As panículas amadurecidas no campo proporcionam melhor germinação do que aquelas amadurecidas em soluções nutritivas.

**Amadurecimento das sementes:** um amadurecimento incompleto das sementes é também fator de insucesso na germinação. As melhores sementes são provenientes de panículas que completaram o ciclo de amadurecimento num período de 25 dias, após o processo de cruzamento. Sementes colhidas de panículas com menos de 21 dias fatalmente não germinarão ou, se o fizerem, será em percentagens insatisfatórias.

**Secagem e armazenamento:** panículas que sofreram uma secagem rápida por 48 horas germinam melhor do que outras, oriundas do mesmo cruzamento, mas que sofreram uma secagem prolongada em ambiente com temperatura e umidade elevadas. Armazenamento em condições ideais de temperatura e umidade conserva o poder germinativo com pequena queda de germinação, durante um longo período de tempo. Quando as condições de armazenamento forem desfavoráveis, a queda da germinação ocorre verticalmente e muito rapidamente.

**Substratos:** os substratos não esterilizados ou com drenagem inadequada não permitem que haja uma boa germinação das sementes.

**Regas e temperatura:** as regas devem ser constantes, mas não em excesso. Conjuntamente com temperaturas ideais, as regas, além de permitirem uma boa germinação, proporcionam a produção de *seedlings* bastante vigorosos.

## Ensaio de germinação

Eles permitem aos técnicos avaliarem a potencialidade de cada variedade em produzir boas sementes.

A germinação representa a capacidade que a semente tem em produzir *seedling* em condição de ser enviado ao campo, a fim de ser submetido às diferentes fases de testes do programa de melhoramento genético.

Os ensaios de germinação requerem controles artificiais do meio ambiente. Assim, além de solo, utiliza-se de papel de filtro, ágar-ágar ou algodão absorvente. Todo esse material deve ser esterilizado. Separando-se as sementes germinadas das não germinadas, pode-se determinar a percentagem de germinação de um cruzamento.

## Registro da germinação

O processo de germinação deve ser documentado em uma planilha devidamente elaborada para tal, a fim de controlar a eficiência dos progenitores, colocando os melhores no topo da lista.

## Repicagem

É o processo de transferência dos *seedlings* da caixa de germinação, onde eles estão de maneira desordenada, para outras caixas, denominadas de caixas de repicagem, onde serão colocados de maneira ordenada. Nestas, os *seedlings* são colocados individualmente ou em grupos de 3 a 7 *seedlings*. Quando estão agrupados assim, recebem o nome de manójo (Cesnik, 1970) ou de *bunch*.

A repicagem pode ser feita precoce ou tardiamente. Quando precoce, realiza-se de 3 a 5 dias da emergência dos *seedlings*, e, quando tardia, de 10 a 15 dias. No processo precoce, faz-se com o

auxílio de uma pinça, e, no tardio, com o auxílio de um estilete de bambu ou de metal não pontiagudo, ambos realizados manualmente. A Copersucar sempre se utilizou do processo precoce (Miocque, 1980) e o Planalsucar do processo tardio. Os dois métodos dão bons resultados práticos quando executados por operários devidamente treinados. Quando não houver treinamento adequado, os operários poderão danificar os *seedlings*, por pressão indevida da pinça ou dos dedos, ao segurar os mesmos para a repicagem, podendo causar até a própria morte dos mesmos.

Se, após a repicagem, forem verificadas inúmeras caixas com todos os *seedlings* ou com a maioria deles mortos, pode-se ter a certeza de que foi um mesmo operário que as repicou e, portanto, esse operário não é qualificado para executar essa tarefa. A sua permanência na equipe trará conseqüências desastrosas ao programa. As caixas poderão trazer, na etiqueta, um código próprio para cada operário, facilitando, com isso, a identificação de tais problemas.

## Escolha das caixas

As caixas para o processo de repicagem devem ser leves e resistentes ao manuseio. No entanto, o programa de melhoramento da cana-de-açúcar do Instituto de Genética da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, forma utilizados vasos de barro para o processo da repicagem. O mesmo tipo de vasilhame era empregado nos programas de melhoramento da Estação Experimental de Campos, RJ, pertencente ao Ministério da Agricultura. O programa da South African Sugar Association, em Durban, entre outros, também utilizou em algum momento os vasos de barro. Esses, muitas vezes foram substituídos pelo saquinho de plástico ou mesmo por copos de plástico descartáveis. Esses plásticos têm o inconveniente de poluir o meio ambiente e de dificultar o processo de preparo do solo, se estiverem espalhadas pelo campo, uma vez que o plástico não é biodegradável. A utilização de embalagens de plástico somente é válida para caixas, a fim de facilitar o manuseio da semeadura e do transplante no campo (Fig. 35).

Quando foram iniciados os trabalhos de melhoramento da Copersucar e do Planalsucar, também foram utilizados saquinhos



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 35.** Irrigações freqüentes facilitam o desenvolvimento dos *seedlings* de cana-de-açúcar.

de plástico, além das caixas de madeira e de cimento-amianto. Estas, foram substituídas, mais tarde, por caixas de plástico utilizadas em programas de reflorestamento. As caixas de plástico pesam em média de 4,5 a 5 kg, menos do que as de cimento-amianto. Elas também são desinfetadas mais facilmente do que as demais, principalmente as de madeira. Com isso, a ocorrência de doenças é menor nas caixas de plástico do que nas demais. As caixas de cimento-amianto pesam em média 13 kg quando cheias e, por isso, são desconfortáveis ao manuseio; quebram-se com facilidade, ocasionando muita despesa com a reposição.

Qualquer tipo de caixa deve conter furos para drenar o excesso de água. Os furos, entretanto, permitem que o substrato escape por eles. Uma folha de papel deve ser colocada no fundo da caixa, evitando assim que o substrato vaze pelos furos. O papel não bloqueia a passagem da água. As caixas devem ser cheias com substrato preparado com elementos adequados e umedecidos. A seguir, procede-se à repicagem propriamente dita. Transferem-se os *seedlings*, da caixa de germinação para a caixa de repicagem, colocando-os individualmente ou em manajo. A adoção de cinco *seedlings* por manajo, com espaço de 7 cm entre si, representa um

bom delineamento para facilitar a primeira seleção no campo. As caixas, assim delineadas, comportam 24 manojos, ou seja, 120 *seedlings* em cada caixa; um espaço pequeno quando comparado com a repicagem individual em vasos de barro ou mesmo individualmente em caixas apropriadas.

## Substrato para repicagem

O substrato a ser utilizado na repicagem deve conter uma boa percentagem de matéria orgânica e ser de fácil drenagem. Cesnik et al. (1977) testaram quase cem tipos diferentes de substratos. Com base nesses resultados, pode-se recomendar um substrato com uma parte de esterco de curral bem curtido para duas partes de solo LVA, em volume dos mesmos. Essa mistura dispensa aplicações complementares de fertilizantes durante o desenvolvimento dos *seedlings*.

O substrato deve ser bem homogêneo. Os meios mecânicos facilitam a operação, uma vez que o método manual de misturar os elementos do substrato com a pá produz *seedlings* com desenvolvimento insatisfatório.

## Fumigação do substrato

Os elementos que compõem o substrato devem ser fumigados de acordo com o item *Substratos para Semeadura*, deste Capítulo.

## Tratos culturais

Os *seedlings*, no geral, são resistentes às adversidades ambientais, que constituem fatores de seleção natural, desde o início do seu desenvolvimento. Por esse motivo, os esquemas de seleção procuram dar aos mesmos, desde a repicagem, condições ambientais idênticas às encontradas nas lavouras comerciais, acrescidas de irrigação, no seu primeiro estágio de seleção. O programa de melhoramento torna-se, então, mais prático do que acadêmico.

**Ripados:** no início da década de 60 até início da de 70, alguns técnicos acreditavam que as canas, oriundas de sementes, deveriam

permanecer a meia-sombra sob ripados. Esse procedimento é totalmente desaconselhável, uma vez que elas necessitam de muita luz difusa, altas temperaturas e elevada percentagem de umidade até os 15 dias após a germinação, quando então exigem pleno sol.

**Regas:** devem ser diárias e abundantes quando a temperatura ambiente estiver ao redor de 25°C, mas, quando ela for muito alta, deve-se regar três ou mais vezes ao dia, incluindo sábados, domingos e feriados. Por água abundante deve-se entender uma quantidade suficiente para conservar o solo constantemente úmido sem, entretanto, encharcá-lo. A irrigação deve ser feita antes que o substrato se resseque (Fig. 34 e 36).

**Mondas:** são necessárias quando houver a presença de ervas invasoras, porque elas competem com os *seedlings*. Quando o substrato é bem fumigado, dispensa a monda. Nesse caso, ela só será necessária quando houver sementes graúdas no substrato, não mortas pela fumigação.

**Podas:** são necessárias a uma periodicidade quinzenal e, em casos excepcionais, até semanalmente, para que os *seedlings* cresçam vigorosos. Ela faz-se necessária para evitar a concorrência entre as plantas situadas nas bordas com as situadas no centro da caixa e desta em relação às outras caixas colocadas uma ao lado da outra.

**Adubações:** quando o substrato for rico em matéria orgânica, pode-se dispensar a prática da adubação. Esta, no entanto, pode abreviar o período compreendido entre a repicagem e o transplante, em até 30 dias. Os adubos nitrogenados são os mais recomendados e são aplicados por meio de pulverizadores costais de baixa pressão ou mesmo por intermédio de um regador com bico de crivos finos. Nessa operação, podem ser adicionados micronutrientes.

Os adubos fosfatados e potássicos, quando utilizados, devem ser incorporados ao substrato. Se o solo for rico em nutrientes e houver adição de esterco, dispensa-se o emprego de fósforo e potássio.

Os *seedlings*, exigentes em nutrientes, não sobrevivem em substratos pobres. Nestes, só sobrevivem os menos exigentes. Para compensar essa distorção, recomendam-se substratos de fertilidade média, onde os *seedlings* com média ou pouca exigência nutricional sobreviverão. Essas condições médias de fertilidade são as encontradas em áreas canavieiras do Brasil.

**Pulverizações:** não se deve pulverizar preventivamente em nenhuma fase de seleção. O surgimento de doença é motivo de eliminação de material suscetível.

## Transplante em FT1

Transplante é o ato de transferir os *seedlings* da caixa de repicagem para um campo denominado viveiro de campo ou FT1 (Fase de Testes 1).

Antes do ato de transplantar, deve-se irrigar o substrato para que este fique aderente às raízes; isso proporcionará um melhor desenvolvimento dos *seedlings* no campo. Quando eles forem repicados em saquinhos, deve-se remover a embalagem antes de sua transferência ao campo. O rompimento do saquinho para a retiradas das mudas é feito com o auxílio de uma pequena faca de bambu. A utilização de instrumento de metal cortante é desaconselhada, pela facilidade que eles têm de provocar acidentes. Os saquinhos devem ser retirados do campo, por constituírem poluentes do meio ambiente, pois o plástico utilizado não é biodegradável e, além de poluir, dificulta também os tratos culturais. Os programas mais adiantados já se utilizam de caixas de plástico, tipo transporte de refrigerante, sem divisórias, onde os *seedlings* são separados, com o auxílio do podão de cana, e transplantados no campo.

O espaçamento utilizado pode ser de 0,50 m dentro das linhas, quando os *seedlings* forem transplantados individualmente, e de 0,70 a 1 m, quando transplantados em manejo. O espaçamento das entrelinhas deve ser idêntico ao plantio comercial da região na qual está se fazendo a seleção.

Após o transplante, deve-se irrigar os *seedlings* intensamente e diariamente, por um período de 45 dias, quando se completa o pegamento dos mesmos.

O registro do campo deverá ser feito em planilhas apropriadas. Esse campo receberá sua primeira seleção entre um 1 e 1 ano e meio depois de instalado. Há experimentos para não se fazer nenhuma seleção nessa época, mas colher a cana, enviando-a para a indústria e fazendo-se a primeira seleção na cana soca desse campo (Miocque, 1997). Depois dos estudos de Miocque, esse sistema foi

utilizado pelo programa de melhoramento da cana-de-açúcar da Copersucar, no período de 1976 a 1980.

O material selecionado em FT1 será levado para um campo denominado de FT2, onde receberá a sua segunda seleção.

## Segunda fase de seleção

Quando o material selecionado em FT1 é plantado em um campo denominado de FT2 (Fig. 37), ocorre a sua primeira reprodução assexuada, ou seja, uma reprodução vegetativa. Dessa fase até a liberação do material, ele recebe o nome genérico de “clone”, e, após a liberação comercial do clone, recebe a denominação de “variedade”, conforme definiu Veiga (1972).

A partir dessa fase, emprega-se uma variedade-padrão, como fator de referência para a seleção dos clones. A variedade-padrão é denominada também de “testemunha” e deve ser plantada da seguinte maneira: nos sulcos ímpares, nas parcelas: 1, 10, 20, 30, etc. e, nos sulcos pares, nas parcelas: 5, 15, 25, 35, etc. Esse esquema tem por finalidade posicionar o padrão onde ele possa ser facilmente localizado e esteja perto do maior número possível de clones.



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 37.** Campo de seleção de FT2 mostrando a divisão das parcelas.

Os padrões são importantes tanto nas seleções parciais como na seleção final dos clones. As variedades-padrão são constituídas das variedades comerciais mais cultivadas na região, podendo incluir até três delas. O importante é que a variedade-padrão esteja repetida de tal maneira que evite a interferência da variabilidade de fertilidade do solo no local da seleção.

Os sulcos desse campo são de comprimento indefinido e espaçados, de 1,50 m. As parcelas são dispostas dentro deles e são constituídas por 4 toletes de 3 gemas distribuídos no espaço de 1 m. As parcelas são separadas, umas das outras, por um intervalo sem plantio de 0,50 m. Nessa fase, os clones são distribuídos em grupos identificados apenas pelo nome dos seus progenitores. Esse procedimento facilita as avaliações e as anotações de campo na ficha de plantio.

Plantam-se uma bordadura de dois sulcos nas laterais do campo e 5 m de sulco nas duas cabeceiras do campo, com a variedade-padrão, para dificultar a entrada de intrusos e evitar injúrias dos clones circunvizinhos, causadas pelo tráfego de veículos. Essa bordadura proporciona, ainda, idênticas condições de insolação aos clones da periferia do campo, quando comparado com os clones centrais. Como variedade-padrão, deve-se escolher a mais importante da região e não necessariamente e de maior área cultivada. Uma variedade nova, que esteja substituindo paulatinamente uma outra mais antiga, será uma opção de variedade-padrão. Os clones são comparados com a variedade-padrão e selecionados visualmente, tanto os idênticos como os melhores que o padrão, que, após selecionados, serão enviados para um novo campo de seleção, denominado de FT3.

O campo de FT2 deverá ser irrigado nas 4 primeiras semanas se não chover; caso contrário, a irrigação poderá ser dispensada.

### **Terceira fase de seleção**

O campo de FT3 é formado pelos clones selecionados em FT2. Os sulcos são idênticos ao de FT2 e as parcelas são dispostas dentro deles e constituídas por 30 toletes de 3 gemas cada, distribuídos em 2 sulcos, 15 para cada sulco. Terão área útil de 3 m em cada sulco. As parcelas são espaçadas de 1 m, para facilitar a identificação e evitar a mistura de material, o que acontece quando o espaçamento

é menor do que o preconizado. Pela primeira vez faz-se repetição de material em seleção.

A bordadura desse campo é idêntica à utilizada no esquema de FT2, e os padrões são plantados da seguinte maneira: na primeira linha, nas parcelas 1, 10, 19, 28, 37, etc.; na segunda linha, nas parcelas 4, 13, 22, 31, 40, etc.; na terceira linha, nas parcelas 7, 16, 25, 34, 43, etc.; na quarta linha, recomeçar com o mesmo esquema da primeira linha e assim sucessivamente. Cada linha é composta de dois sulcos (Fig. 38).

Nessa fase, além da ficha de anotações, utiliza-se um mapa de campo para melhor visualização das irregularidades de fertilidade do terreno.



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 38.** Campo de seleção de FT3 onde as parcelas-padrão apresentam identificação de placa em branco.

## Esquema de FT4

Esse campo é formado por clones selecionados em FT3 e plantados no delineamento de Blocos Aumentados de Federer.

Os dados obtidos em campo são registrados em planilhas específicas. Cada parcela é formada por 6 sulcos de 10 m, espaçados de acordo com o plantio comercial da região. As parcelas são separadas por entrelinhas de 1,50 m (Fig. 39). Todos os tratos culturais, desde o plantio até a colheita, devem ser idênticos aos empregados na lavoura comercial da região em que o campo estiver sendo instalado.

Cada experimento deve conter um máximo de 40 parcelas, para facilitar a sua instalação e condução. Nas parcelas, serão sorteados 28 clones e 3 padrões. Estes serão repetidos quatro vezes, num total de 12 parcelas. Em suas laterais, faz-se uma bordadura de pelo menos dois sulcos e, em suas cabeceiras, a bordadura deve ter 3 m cada. Na cabeceira frontal, devem ser instaladas parcelas menores, com todos os clones e padrões, a fim de amostrá-los à compilação de dados, para a confecção da curva de maturação dos clones e das variedades do experimento.

Trezentos e oitenta toletes de 3 gemas de cada clone ou variedade deverão ser preparados, sendo 300 utilizados nas parcelas e 80 na obtenção da curva de maturação.



Foto: Roberto Cesnik

**Fig. 39.** Instalação de campo de seleção de FT4. A cana, nesse estágio, é repicada no interior do sulco.

## Esquema de FT5

Alguns programas denominam essa fase de FT6. Para eles, FT5 significa campos de multiplicação que receberiam adicionalmente as letras A, B, C, etc. Para facilidade na implantação de dados no computador, essa fase é denominada de FT5, e os campos de multiplicação denominados de FTA, FTB, FTC, etc. A fase é a mesma para os diferentes programas, o que muda é a nomenclatura.

Ela recebe todos os clones que tiveram um bom desempenho em FT4. Estes, acrescidos dos padrões, são igualmente repetidos. Instalam-se blocos cujas parcelas são idênticas, em tamanho e espaçamento, daquelas já explicadas para o campo de FT4. O delineamento estatístico, neste caso, é o de Blocos ao Acaso. Não se deve instalar campos com mais de 60 parcelas, pois corre-se o risco de exceder o período de uma semana para a sua instalação, o que pode comprometer os resultados do experimento. Todas as parcelas de um mesmo campo devem ser instaladas, no máximo, em 5 dias. Os campos são instalados em diferentes regiões ecológicas, e as mudas para o plantio procederão dos campos de multiplicação, uma vez que, em FT4, todo material é colhido e enviado à indústria. Também nem sempre a época da colheita coincide com a de plantio. Os dados são registrados em fichas.

## Campos de multiplicação

Ao lado dos campos de FT3, FT4 e FT5, instalam-se campos com a finalidade de multiplicar material para o fornecimento de mudas para os experimentos. Esses campos podem ser denominados de FTA, FTB, FTC, etc. Três sulcos de 5 m são suficientes para suprir as necessidades de um programa médio de melhoramento, entretanto, instalam-se tantos campos quantos forem necessários. A área de cada um deles está diretamente correlacionada com o número de toletes a ser utilizado nos novos campos. Os campos de multiplicação devem ser instalados o mais próximo possível dos experimentos, para facilitar as inspeções de rotina e o transporte de mudas para novos campos.

## Procedimentos de seleção

Seleção é o ato pelo qual o melhorista separa um segregante superior de outros, considerados inferiores. A reprodução de segregantes superiores, na natureza, é feita por meio da seleção natural. Artificialmente, é feita pela seleção conduzida pelo homem. A seleção natural efetua-se sem nenhum propósito específico. Apenas alguns genótipos constituem a maior percentagem da população. A seleção artificial, ao contrário, é praticada com objetivos predeterminados.

Em cana-de-açúcar, a seleção ocorre em indivíduos obtidos de reprodução sexuada ou por meio dos processos de mutações ou de culturas de tecido somático. Qualquer outro tipo de seleção que se queira fazer em plantas de reprodução assexuada não deverá ter sucesso, porque as plantas de reprodução assexuada têm a mesma carga genética do material de origem.

De todos os métodos de seleção testados, o que utiliza o processo de reprodução por sementes é, ainda hoje, o mais difundido e o mais empregado em todo o mundo.

Pela seleção natural, um clone superior pode ser obtido na proporção de 1% a 2% a cada 1 milhão de anos e, pela seleção artificial, essa percentagem pode ser lograda em apenas 1 ano. Considerando-se que a seleção artificial seja conduzida por um experimentado melhorista, que se utilize de todos os instrumentos cientificamente possíveis, aliados à hibridação, essa percentagem pode ser ainda aumentada a cada ano.

A preferência pela seleção de material obtido em trabalhos de melhoramento no próprio país deve prevalecer no processo de importação de variedades melhoradas. As variedades nacionais estão passando continuamente por processo de avaliação e de substituição. São raras as variedades de comportamento cosmopolita obtidas em programas de melhoramento do mundo. Variedades estrangeiras só devem ser introduzidas quando não há um programa específico de melhoramento ou mesmo quando um distúrbio dizime a plantação local. Assim, quando Java foi dizimada pelo sereh e São Paulo, pelo carvão, houve necessidade urgente de importação de novas variedades e resistentes a essas doenças. As variedades obtidas na própria região, regra geral, são melhores do que as introduzidas de outras áreas, quicá de outros países.

## Critérios de seleção

Variedades como a POJ 2878 e NCo 310 devem ser encaradas como exceções e não como regra geral, uma vez que essas duas cultivares são consideradas cosmopolitas. Sob o ponto de vista biológico, nada é impossível. Uma nova variedade com características cosmopolitas poderá ser obtida a qualquer momento em algum programa de melhoramento genético.

Quando se deseja um determinado resultado, deve-se escolher, a priori, a metodologia que melhor se adapte a essa obtenção. Nesse caso, o pesquisador deverá indagar a si mesmo o seguinte:

- Quanto será investido para alcançar esse objetivo?
- A metodologia a ser empregada realmente é a que melhor se adapta a ele ou foi escolhida aleatoriamente?
- Outras considerações serão válidas tendo-se em mente que programas pequenos possuem maior adaptabilidade científica do que programas de grande porte?

A variabilidade genética é considerada a base do melhoramento de plantas. É difícil selecionar clones em uma população de descendentes semelhantes visualmente. Como exemplo, pode ser citado o fato de variedades Ianes que, ao serem cruzadas, produzem material geneticamente idêntico, ou seja, produzem descendentes com o mesmo tipo de diâmetro e altura do colmo, com perfilhamento idêntico entre eles e uma coloração amarelo-forte dos colmos. Nesse caso, fica muito difícil a aplicação dos critérios normais de seleção, por existir pouca diversidade entre os indivíduos. Essa diversidade decorre de três fatores básicos: influência do meio ambiente alterando somente o fenótipo, recombinação gênica e mutação. O melhorista deve estar atento também para o fato de que alguns genótipos podem produzir mais de um fenótipo, dependendo apenas do meio ambiente em que ele se desenvolve. Por esse motivo é que se recomenda a repetição do material em diferentes locais, onde cada genótipo pode mostrar toda a sua potencialidade. Assim, a variedade CB 41-76, que não se deu bem na região de Campos, RJ, foi a mais plantada em todo o Estado de São Paulo, por volta de 1970. Esse é um fator de produtividade e adaptabilidade ambiental. Quanto ao comportamento fenotípico, pode ser citado o fato de que

algumas variedades produzem pólen fértil, em uma determinada exposição solar, e pólen estéril, na exposição solar diametralmente oposta, ou mesmo manter o opérculo do saco polínico completamente fechado. Tal fato já foi constatado com as variedades Co 290 e POJ 2878 que possuem comportamento oposto em Serra do Ouro, AL, daquele apresentado no Havaí.

Os locais onde serão instalados os campos de seleção devem representar a média de fertilidade da região e nunca um dos seus extremos. Alguns técnicos, de unidades industriais, quando reservam um espaço para a instalação de um experimento com variedades ou clones, o fazem nas piores condições possíveis e, às vezes, enfrentam dificuldade de acesso físico. O contrário também não é desejável. Assim, os solos mais férteis da propriedade não se prestam para a seleção de material a ser introduzido na região nem tampouco os locais onde há um grande tráfego de pessoas.

Deve-se escolher um local que represente a média geral da propriedade ou mesmo da região. Um solo infestado de nematódeos ou um campo onde o mosaico seja a nota marcante nem sempre justifica a instalação de um experimento. Quando se deseja especificamente a seleção dirigida a esses fatores, então sim, esses campos serão os mais recomendados. Pragas do solo, como o cupim, podem invalidar um experimento.

Muitos esquemas de seleção possuem critérios básicos comuns a todos, mas divergem quanto à sua aplicabilidade prática. O mesmo acontece com os critérios de seleção em programas concorrentes. Assim, enquanto uma equipe de melhoristas considera o diâmetro do colmo fator básico de seleção para vigor do clone, um outro grupo considera o perfilhamento como base para o mesmo critério. Qual dos dois é o melhor? Haverá razões para que grupos diferentes de melhoristas adotem critérios diferentes de seleção? E dentro de um mesmo programa, os pesquisadores poderão ter critérios individuais de seleção? Nada impede que grupos diferentes tenham critérios diferentes de seleção. Na mesma equipe, porém, não deverá haver diversidade de critérios. Os técnicos de uma mesma equipe devem se reunir periodicamente para trocar idéias e tomar decisões quanto aos seus critérios. A conscientização de normas técnicas comuns a todos os elementos da equipe faz-se necessária à medida que se queira a uniformização dos procedimentos e a avaliação dos

resultados. No exemplo específico de critérios diferentes para duas equipes de avaliação para um mesmo programa de melhoramento, elas deverão chegar ao mesmo resultado final, para um mesmo material, uma vez que os critérios de seleção se baseiam em fatores de alta herdabilidade genética. Há outros fatores em que as equipes divergem e, entre eles, encontram-se: altura do colmo, número de internódios por colmo, eretividade da touceira, tenacidade do colmo, área de caldo do colmo, Brix, pol no caldo ou na cana, florescimento, teor de fibra e chochamento. Outras vezes não é o fator de seleção que provoca divergências, mas sim a fase do melhoramento em que ela deva ser aplicada.

Os primeiros estágios de seleção aproveitam pouco material quando comparado ao grande número de *seedlings* ou de clones pesquisados. À medida que o tempo decorre e que se entra em novos estágios de seleção, a percentagem de material aproveitado também aumenta. É como se fosse um funil invertido.

Quando o pesquisador tiver dúvidas em aproveitar ou não um material, ele deve enviá-lo para uma nova bateria de testes e nunca eliminá-lo, uma vez que um material perdido jamais será recuperado. Na última etapa de seleção, quando houver dúvida a respeito de um clone, deve-se retorná-lo a uma fase anterior de testes, tornando a estudá-lo. Resumidamente, pode-se dizer que, em caso de dúvida, deve-se dar uma nova oportunidade ao material, proporcionando novos estudos, para que ele possa ou não mostrar toda a sua potencialidade.

São várias as razões pelas quais um clone pode ser descartado nas diferentes fases de seleção. Entre as mais comuns, encontram-se: fraco desenvolvimento vegetativo, baixo teor de sacarose, alto índice de florescimento, ocamento ou chochamento do colmo, gemas pronunciadas, desenvolvimento desigual dos colmos na touceira, baixo perfilhamento das soqueiras e suscetibilidade às principais pragas ou doenças.

## Seleção dos Progenitores

Os progenitores, para os programas de cruzamentos, devem ser selecionados aliando qualidades de produtividade agrícola e

industrial com resistência às principais pragas e doenças. Esse critério deve ser o mais estreito possível, principalmente quando se realizam cruzamentos biparentais.

O progenitor masculino deve produzir uma grande quantidade de pólen fértil. Os colmos, a serem empregados nos cruzamentos, devem ter boa sanidade, e os que vão ser cruzados em soluções nutritivas devem tolerar bem a solução empregada pelo espaço de 25 dias. As incompatibilidades devem ser consideradas, para que não haja interferência no cronograma de cruzamentos.

Na Tabela 9, estão registrados alguns cruzamentos mais utilizados pelos melhoristas da Copersucar, entre os anos de 1979 a 1993. A nomenclatura empregada nessa tabela é aquela que está

**Tabela 9.** Alguns cruzamentos mais utilizados pelos melhoristas da Copersucar entre os anos de 1979 e 1992.

<b>Ano de 1979</b>	<b>Ano de 1986</b>	<b>Ano de 1989</b>
SP71-6106 x ?	RB735220 x ?	RB765148 x RB72454
<b>Ano de 1980</b>	RB72454 x SP70-1143	RB72454 x ?
SP71-1088 x H575028	RB72454 x ?	RB785554 x ?
H483166 x SP71-1088	RB805001 x RB785148	SP71-1406 x ?
<b>Ano de 1981</b>	SP71-1406 x ?	RB735220 x ?
H646336 x SP71-1355	RB735220 x SP71-6163	RB765418 x IAC 49-131
CP 70-1547 x SP71-1279	RB735275 x NA 56-79	SP70-1143 x ?
CB 40-13 x IAC 49-131	IAC 49-131 x H533989	Tuc 71-5 x ?
IAC 49-131 x NA 56-79	SP70-1143 x RB72454	RB806043 x ?
<b>Ano de 1982</b>	<b>Ano de 1987</b>	RB 72454 x RB765418
NA 56-79 x ?	SP70-1284 x ?	IAC 49-131 x RB765418
L 60-14 x Nco 310	RB721012 x ?	<b>Ano de 1990</b>
<b>Ano de 1983</b>	RB72454 x ?	SP75-3046 x NA 56-79
NA 56-79 x RB72454	RB815521 x ?	CP 53-500 x ?
NA 56-79 x SP70-1143	SP70-3370 x ?	<b>Ano de 1991</b>
L 60-14 x ?	Tuc71-7 x ?	SP80-1520 x CTEC 89-121
HJ 5741 x ?	<b>Ano de 1988</b>	SP81-5259 x SP79-1011
HJ 5741 x SP70-1143	RB72454 x ?	SP80-5487 x ?
CB 49-260 x ?	RB735220 x ?	<b>Ano de 1992</b>
RB735275 x ?	SP70-1143 x ?	SP79-3314 x SP79-2312
<b>Ano de 1984</b>	SP71-1406 x CP 69-1062	SP79-2312 x SP80-1764
RB72454 x SP70-1143	SP 70-1143 x Tuc 71-7	RB725858 x SP79-2312
Co 1007 x SP71-6180	SP70-3370 x ?	
<b>Ano de 1985</b>	CP69-1062 x SP71-1406	
SP70-1143 x RB72454		
SP70-1143 x Tuc 71-7		
RB72454 x ?		

assentada nos registros do Comitê de Germoplasma Internacional da ISSCT.

Para os policruzamentos, deve-se utilizar todo os clones disponíveis no dia do cruzamento, identificados como progenitores femininos, com todos os progenitores masculinos de características desejáveis. Para tanto, deve-se consultar os apontamentos do próprio pesquisador, feitos por meio de sua experiência no trabalho de melhoramento, e consultar a literatura especializada que tenha sido publicada em revistas do mundo todo.

## Procedimentos de Seleção

O processo de seleção da cana-de-açúcar é lento e conduzido por etapas ao longo dos anos. O clone a ser eleito como variedade deve ser repetido no tempo e no espaço, para que possa ter uma boa avaliação; no tempo, sendo plantado em diferentes épocas do ano, e, no espaço, sendo plantado em diferentes regiões. Instalando-se os campos experimentais nas diferentes regiões canavieiras e variando-se os plantios, de uma mesma área, dentro do período de plantio comercial da região, têm-se satisfeitas essas duas exigências. Durante todo esse tempo são aplicados intermitentemente os mais diferentes procedimentos de seleção. Os campos devem ser inspecionados, no mínimo, de 3 em 3 meses, quando também recebem uma graduação que varia de 1 a 9. O clone recebe uma graduação tanto menor quanto melhor for a característica a ser avaliada. É quase impossível, por esse critério, obter graduação zero ou dez. Na prática, o que se faz é atribuir uma graduação cinco ao padrão, qualquer que seja o seu estado de vegetação. Os clones próximos a ele recebem graduação de zero a nove. Na folha de graduações, não se anotam escores acima de cinco, uma vez que esse material será obrigatoriamente descartado. Selecionam-se apenas os clones melhores ou iguais aos padrões para uma fase de seleção seguinte.

Um defeito por si só não deve ser motivo de eliminação nas fases intermediárias da seleção. Se assim fosse, muitas variedades não teriam tido a oportunidade de serem cultivadas. O critério de se plantar variedades em locais distintos é mais indicado do que o de plantarem um só local. Foi adotando esse critério que Frederico

Menezes Veiga enviou, de Campos para Piracicaba, a variedade CB 41-76, que chegou a ocupar nada menos do que 70% da área plantada do Estado de São Paulo. Sabe-se que ela teve um comportamento medíocre durante as seleções em Campos. Uma outra variedade, a RB705007, selecionada por Cesnik quando melhorista do Planalsucar, lançada como variedade para os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, teve um comportamento irregular em todas as fases de testes efetuados em São Paulo. Alguns pesquisadores, na época, aconselharam a eliminação da RB705007. Recordando o sucesso da CB 41-76, a equipe do Planalsucar fez o caminho inverso da CB 41-76 e teve sucesso quando, anos mais tarde, viram o lançamento dela como variedade! No trabalho *Seleção precoce em cana-de-açúcar* (Cesnik, 1969), é desaconselhada a eliminação indiscriminada de material ainda nos primeiros estágios de seleção.

## Seleção em FT1

Em FT1, inicia-se a seleção visual dos *seedlings* e, por intermédio do podão, manualmente, o melhorista decide a sua sorte. O *seedling* em análise passará ou não para a fase clonal pela decisão de quem estiver fazendo a seleção. Na dúvida, ele deve dar uma nova oportunidade ao mesmo. Um novo teste para que ele mostre melhor o seu comportamento deve ser realizado. A percentagem de eleitos é muito baixa. Teoricamente, deve-se selecionar 5% dos *seedlings* plantados, mas, na prática, essa percentagem é muito mais baixa.

Os *seedlings* são agrupados pela identificação de seus progenitores. Os técnicos agrícolas e os práticos de campo podem contribuir com os pesquisadores para a escolha dos melhores segregantes. Touceira por touceira deve ser examinada cuidadosamente quanto ao florescimento, chochamento, brotações laterais, gemas atípicas, diâmetro e altura do colmo, rachaduras e ocorrência de pragas e doenças.

Em FT1, os *seedlings* podem ser plantados individualmente ou em manejo ou grupo, estes também denominados de *bunch*. Quando o *seedling* é plantado individualmente, o seu perfilhamento é produto de uma mesma semente. O técnico, nesse caso, poderá

retirar mais de um colmo por touceira. Entretanto, ele deve estar atento para a possibilidade do aparecimento de material estranho, resultante de restos de cultura do ano anterior, no mau preparo do campo. Quando se adota o plantio em manajo, deve-se determinar qual é a melhor combinação de *seedlings* individuais dentro desse manajo. Assim, podem ser feitos manajos de 2, 3 ou mais *seedlings*. Nesse caso, o selecionador escolherá somente 1 colmo por touceira ou excepcionalmente 2, se forem de colmos de cor diferente, sem se ater a outras características botânicas. Nesse caso, considera-se que cada colmo seja descendente de sementes diferentes. Para colmos idênticos, considera-se que os mesmos descendam de uma só semente e, por esse motivo, coleta-se apenas um colmo dessa touceira. O plantio no método do manajo tem a desvantagem de fornecer de 3% a 4 % de material selecionado a menos do que no plantio individual. Nos dois processos após a seleção, agrupam-se os descendentes de um mesmo progenitor, para serem levados à fase seguinte de testes. Com esse procedimento, facilita-se a avaliação dos mesmos na segunda fase de testes.

## Seleção em soqueira de FT1

A seleção massal de *seedlings* é feita com o corte dos melhores clones e o respectivo plantio, a fim de reduzir o mais rapidamente possível o número de *seedlings* com características indesejáveis para uma futura variedade comercial.

Entretanto, as características dos progenitores transmitidas primeiramente pela multiplicação sexuada, por meio das sementes e mais tarde por via vegetativa, pelos toletes, apresentam alterações fenotípicas nas plantas, isto porque não há rejuvenescência, por meio dos diferentes estágios de multiplicação, das variedades em cultivos industriais.

Observações circunstanciais permitiram evidenciar a evolução comportamental de clones, principalmente quando selecionados em “cana planta” na fase de *seedling*. As características apresentadas durante as multiplicações vegetativas mostraram uma tendência de evolução regressiva, isto é, após anos de cultivo, já então como variedades comerciais, necessitam ser descartadas por falta de competitividade, principalmente em soqueira.

No dia 18 de julho de 1975, houve uma forte geada em toda a região canaveira do Centro-Sul do Brasil. Viveiros de *seedlings* da Copersucar no Estado de São Paulo tinham sido previamente selecionados e relacionados. Fortuitamente, o material que havia se destacado recebera uma identificação com uma fita colorida para ser multiplicado durante a primavera. Pois bem, antes mesmo de os clones terem sido danificados pela geada, procedeu-se ainda ao estaqueamento do material selecionado. Dessa maneira, foi fácil observar o estado vegetativo das soqueiras de *seedlings*. Feita uma nova seleção, verificou-se que esta última não era coincidente com a seleção do ano anterior, o que motivou novas observações nos anos subsequentes. Os clones que apresentaram estado vegetativo inferior, em seleções repetitivas, foram anotados e comparados com aqueles que não seriam selecionados, mas que, nas seleções repetitivas, tiveram um escore de pontuação bastante satisfatório.

Em outubro de 1976, na Primeira Reunião Nacional de Genética e Melhoramento da Cana-de-açúcar, em Tucumán, Argentina (Miocque & Rossi, 1977), um dos assuntos tratados foi o de *Seleção de soqueiras nos estágios iniciais*. Nessa reunião, Mariotti afirmou que há um descarte de cerca de 30% de *seedlings* que apresentam deficiência de brotação na soqueira e florescimento precoce. Desse modo, o programa de seleção em Tucumán baseia-se na brotação das soqueiras dos *seedlings* em estágio inicial, permitindo assim a eliminação de *seedlings* que seriam descartados nos estágios finais, se não fossem eliminados nesse estágio, por deficiência de brotação de soqueira. Nessa mesma reunião, Breaux, pesquisador de Houma, cita que, no Estado da Louisiana, EUA, após estabelecidos no campo, os *seedlings* são selecionados somente aos 26 meses de idade, ou seja, aos 12 meses as plantas são unicamente cortadas, sem nenhuma seleção, que somente será feita na soqueira. No quarto estágio de multiplicação, o estado faz uma seleção da cana planta associada a uma seleção da soqueira efetuada no ano seguinte. Ainda nessa mesma reunião, Norman James, pesquisador de Beltsville, Maryland relatou que, em Canal Point, é feito uma seleção da soqueira já no terceiro estágio de seleção. No quinto estágio, faz-se uma seleção na cana planta, na cana soca e na cana rессoca. Após a cana soca ser selecionada, os clones recebem uma numeração definitiva com a sigla "CP". Mariotti enfatizou que, para os critérios de seleção, o diâmetro do colmo

contribui muito pouco para a seleção e que o número de colmos por touceira é muito mais importante do que o diâmetro do colmo. Dunkelmann externou a mesma opinião que Mariotti sobre a importância do número de colmos por touceira. Outros melhoristas argumentaram que a seleção de *seedlings* em soqueira ocasionou uma perda de tempo, mas nenhum deles considerou o custo financeiro elevado de se conservar em processo de seleção mais avançado clones com características indesejáveis para a obtenção de uma variedade industrial. Esta deve proporcionar de 4 a 5 cortes, e deve estar num patamar de produtividade igual ou superior a 70 t/ha/ano, até a sua última colheita.

Por questão peculiar de colheita completamente mecanizada no Hawaii, os clones são selecionados por um único corte de cana planta com 24 meses de idade. Mangelsdorf, pesquisador da Hawaiian Sugar Planters Association, em Honolulu, estabeleceu critérios de seleção para as condições de ciclo longo existentes no Havaí e com colmos flexíveis e que não quebram com o acamamento provocado pelo vento e por tempestades tropicais.

Nas regiões de clima equatorial, geralmente cultivam-se variedades de ciclo curto. Em Manaus, por exemplo, a cana tem maturação entre 10 e 12 meses. Após esse período, ela entra em estado de deterioração. Já nas regiões subtropicais, o ciclo vegetativo é de 18 meses. Charmoy (1970) observou que a eliminação dos clones com características de deficiência de brotação de soqueira pode ser obtida com o corte dos *seedlings*, em viveiro de campo, com a idade de apenas 6 meses, sem qualquer seleção. Esta é feita somente na brotação das soqueiras, 12 meses após esse corte, num período de 18 meses após o plantio. Foram essas observações que orientaram o redirecionamento do programa de melhoramento da cana-de-açúcar na Ilha Reunião.

No Brasil, esse procedimento foi confirmado em trabalhos da Copersucar com um experimento de plantas marcadas (Tabela 10), onde a seleção de *seedlings* em soqueira proporcionou a eliminação de 29% a 32% dos *seedlings* com brotação de soqueira deficiente. Além dessa deficiência, vários *seedlings* também foram eliminados por falta de vigor, pois tinham menos de 12 colmos por touceiras. Além disso, outras eliminações foram feitas por florescimento precoce, ocamamento, izoporização ou sintomas de doenças. Dessa

**Tabela 10** - Seleção de *seedlings* em cana planta e em cana soca conduzida nos campos experimentais da Usina Santa Fé, em Nova Europa, SP, no período de 1977 a 1979.

Progenitores	Seedlings plantados 1977	Seedlings selecionados coincidentes		
		Cana planta 1978	Cana soca 1979	Cana planta e soca 78/79
B42231 x ?	1.067	11	10	8
B6364 x ?	333	1	6	3
B59162 x ?	410	1	4	2
B017 x ?	164	1	2	0
CB 38-22 x ?	170	0	5	2
CB 65-20 x ?	130	0	0	1
Co 419 x ?	429	0	7	2
Co 980 x ?	61	1	0	0
Co 62175 x ?	333	4	4	3
CP 51-22 x ?	408	3	2	1
CP 52-107 x ?	262	2	2	1
CP 69-1052 x ?	139	1	2	1
H 471914 x ?	846	8	5	3
H 484605 x ?	396	3	4	0
H 601102 x ?	142	0	2	1
IAC 58-480 x ?	96	0	1	0
Mex 58-1868 x ?	1.939	4	5	8
POJ 2878 x ?	871	0	3	0
SP71-6106 x Co 1148	3.269	17	13	5
<b>Total</b>	<b>11.465</b>	<b>57</b>	<b>77</b>	<b>41</b>

? = progenitor masculino desconhecido.

forma, neste primeiro estágio de seleção, foram eliminados cerca de 40% dos clones que não tinham condições de prosseguir nas outras etapas do programa de seleção daquela organização, pois, forçosamente, seriam eliminados em outras seleções posteriores, efetuadas por meio dos testes de produtividade de cana planta e cana soca, juntamente com testes fitossanitários.

Pode-se observar que, normalmente, os resultados obtidos na seleção de *seedlings* nos programas de melhoramento evidenciam somente a seleção dos mesmos apenas em cana planta. A maioria deles não abrange a totalidade do potencial de produtividade apresentada nos seus viveiros, tendo em vista que a brotação das soqueiras dos *seedlings* possui um desenvolvimento muito diferenciado daquele evidenciado em cana planta. Essa variabilidade de comportamento pode ser atribuída a fatores morfológicos, em virtude de uma nova fase de multiplicação, com a brotação dos rizomas e da evolução fisiológica inerente à adaptação dos clones aos patógenos do solo, das suas necessidades nutricionais como também das variações climáticas sazonais.

Nas condições desse experimento, os clones com características inferiores à variedade-padrão, na época constituída pela variedade NA 56-79, foram eliminados, evitando-se assim a multiplicação de material que, certamente, seria eliminado nas fases posteriores de seleção.

Alguns melhoristas preconizaram em aumentar a taxa de seleção nos *seedlings* para evitar o escape de um clone possível de ser selecionável. Todavia, a taxa de seleção, nessa fase, em cana planta, não tem nenhuma correlação positiva com a aptidão de brotação de soqueira dos “*seedlings*”. A título de exemplo dessa assertiva, deve ser citada a variedade SP71-5368, que não foi selecionada em cana planta na fase de *seedling*, mas, por causa de sua brotação e aptidão de soqueira, tornou-se uma variedade cultivada durante muitos anos no Estado de Goiás.

No Brasil, o esquema de seleção em soqueira de *seedlings* foi adotado pelos programas de melhoramento de cana-de-açúcar da Copersucar, do IAC e da Universidade Federal de São Carlos – Ufscar –, conforme relata Miocque (1997).

No XXII Congresso da ISSCT, Mesa et al. (1995) apresentaram os resultados de uma pesquisa sobre o comportamento da seleção de *seedlings* em cana planta e cana soca. As observações foram feitas sobre uma população composta de 1.200 plantas agrupadas em 25 ascendentes, aplicando-se os métodos de seleção individual e combinado. Eles ressaltaram, nesse caso, o efeito do ascendente pelo método do Índicio Seletivo Combinado (ISC). Os autores concluíram que a seleção dos *seedlings* no estágio de soqueira é

mais representativa quando se aplica o método ISC. Esse método, além da seleção visual da parcela, inclui também a leitura do Brix por meio do refratômetro de campo, da medição da altura e do diâmetro dos colmos, bem como do número de colmos por touceira.

## Seleção em FT2

Em FT2, as graduações devem ser realizadas no terceiro, no sexto e no décimo mês após o plantio. Nelas, procura-se comparar o clone com o padrão mais próximo. Em cada graduação, são verificados o florescimento, as brotações laterais, os tipos de gemas, o diâmetro, o número de colmos por parcela, a altura dos colmos, a homogeneidade do perfilhamento, as rachaduras do colmo e a ocorrência de pragas e doenças.

A variedade-padrão indicará a uniformidade do terreno, pela variabilidade de sua vegetação, e servirá como comparação do material que a rodeia.

Alguns autores recomendam para essa fase o sistema de graduação de 1 a 9, mas, como ainda a seleção é feita em um grande número de indivíduos, sugere-se o sistema de graduação com os sinais de *mais* (+) e de *igual* (=), significando um material melhor ou idêntico ao padrão. Essas três graduações, realizadas no terceiro, no sexto e no décimo mês após o plantio, de parcela por parcela, são anotadas em uma folha apropriada e, quando não se faz nenhuma anotação de uma determinada parcela, significa que a graduação da mesma é equivalente a *menos* (-), ou seja, pior que o padrão.

Uns 15 dias antes da graduação final, deve-se determinar o Brix com o auxílio do refratômetro de campo, de todas as parcelas que conseguiram pelo menos um par de graduação *igual* ou um par de graduação *mais* ou, pelo menos, uma graduação *igual* e uma *mais*. Todo clone que tiver um Brix de valor idêntico ou maior que o padrão circunvizinho será selecionado e eleito para a fase seguinte de testes. Esse número gira em torno de 10% do material existente.

Após a seleção, os clones selecionados receberão um número que será a sua identificação definitiva. Ele deve conter a sigla da instituição que o produziu, seguida de números. A sigla, de acordo com o Comitê de Germoplasma Internacional, deve conter não mais

que duas letras. Os números não devem ser separados por traço ou outro sinal qualquer, pois tudo isso ocupa espaço no computador e custa dinheiro em digitação. Os dois primeiros números representam o ano de cruzamento e os demais, o número daquele cruzamento, naquele respectivo ano, também de acordo com as normas do Comitê de Germoplasma Internacional. Assim, por exemplo, IG 60-1 foi uma variedade produzida pelo Instituto de Genética da Universidade de São Paulo, ano de cruzamento 1960 e clone número um. Essa variedade e outras do Instituto de Genética que foram distribuídas à Usina Rafard somente fazem parte da memória de alguns técnicos formados há mais tempo. Os técnicos mais recentes não ouviram falar dessas variedades, pois nada foi escrito sobre elas. RB705007 tem o significado de: República Federativa do Brasil, produzido pelo IAA/Planalsucar, no ano de 1970, e é o clone número sete da região Centro-Sul. É errado referenciar RB como República do Brasil.

Variedades antigas têm ou não um espaço entre o grupo de letras e o grupo de números ou mesmo um hífen entre esses agrupamentos. A maneira de citá-las depende de como foram registradas no Comitê de Germoplasma Internacional.

## **Seleção em FT3**

O campo de FT3 é constituído de clones selecionados e numerados em FT2. As suas graduações são feitas nas mesmas épocas que as do campo de FT2 e devem seguir o critério de notas na escala de 1 a 9 proposto por Hutchinson & Daniels (1971). Nessas três graduações, consideram-se como elementos essenciais de avaliação a precocidade do clone, o seu perfilhamento, a isenção de pragas ou doenças aparentes, a área de caldo, o chochamento e o Brix através do refratômetro de campo, não só para os clones como também para os padrões. Na última graduação, acrescenta-se, aos caracteres anteriores, a tenacidade do colmo, determinada pela curvatura do colmo, para se verificar a sua suscetibilidade à quebra ou ao esmagamento de suas fibras. Sua importância caracteriza-se pela resistência ao acamamento provocado pelos fortes ventos. Nessa fase, seleciona-se mais ou menos 15% do material existente, que constituirá o campo de testes da fase FT4.

## Seleção em FT4

Como rotina, realizam-se inspeções trimestrais em todas as parcelas, anotando-se os dados de germinação e perfilhamento, para se ter uma idéia de comportamento quando a variedade for plantada em uma grande área. Os dados mais importantes são obtidos na colheita, com a pesagem dos colmos produzidos e o resultado da análise química de uma amostra da parcela, para a determinação de fibra, pol e pureza. A pesagem está registrada na Fig. 40.

Foto: Roberto Cesnik



**Fig. 40.** Dinamômetro utilizado para determinar o peso de uma parcela experimental de cana-de-açúcar.

Há pesquisadores que colhem os 4 sulcos centrais, da parcela de 6 sulcos, para a pesagem dos colmos, e retiram amostras dos 2 sulcos laterais, para a análise química feita em laboratório. No entanto, há uma tendência de se plantar apenas 4 sulcos em lugar de 6. Outros pesquisadores colhem os 6 sulcos, indistintamente, e retiram, aleatoriamente, uma amostra da parcela para ser enviada ao laboratório. Fazendo-se a remedição da parcela, é indiferente o número de ruas colhidas.

A análise estatística do modelo consegue combinar o teste preliminar do rendimento das parcelas não replicadas com o teste dos rendimentos das parcelas replicadas, preenchidas com as variedades-padrão escolhidas previamente como tal.

Em um campo ao lado, com parcelas menores, determina-se a curva de maturação de cada clone e das variedades-padrão envolvidas no processo. Esse campo serve também para o procedimento dos testes de doenças e tem a finalidade de não prejudicar os resultados da pesagem, caso as amostras fossem retiradas freqüentemente do campo experimental. Facilita ainda os testes dos fitopatologistas, uma vez que os mesmos passam a trabalhar em uma área bem pequena quando comparada ao campo experimental, e não suscita conflitos entre as equipes de melhoristas e fitopatologistas.

Nessa fase, além dos dados de cana planta, pode-se obter os de cana soca e mesmo os de ressoça, se houver necessidade. Normalmente, extrapolam-se os dados de cana soca para ressoça. Nessa fase, há uma seleção de mais ou menos 20% do total plantado.

## Seleção em FT5

Obtêm-se as mesmas informações de FT4 e fazem-se avaliações em cana planta e cana soca. Tanto essas informações como as informações obtidas dos campos de FT4 serão arquivadas em um "arquivo mestre". É nessa fase que são feitas as previsões do lançamento de novas variedades, denominação a ser dada a um clone aprovado pelo programa de melhoramento.

## Campos de Multiplicação

Não há necessidade alguma de se fazer seleção nesses campos. Recomenda-se uma inspeção periódica, a fim de se anotar quaisquer anormalidades de comportamento, principalmente as anormalidades vinculadas às doenças. Pode haver clone suscetível a uma doença que ainda não foi registrada na região. O melhorista deve estar atento a esses detalhes.

### Variedade

Variedade é o termo que pesquisadores e demais pessoas ligadas ao cultivo da cana-de-açúcar empregam para caracterizar uma cultivar (Cultived Variety). A palavra variedade, neste livro, tem o significado de cultivar e significa material oriundo de cruzamentos interespecíficos. As variedades devem ser descritas de acordo com as normas internacionais determinadas pelo Comitê de Germoplasma Internacional.

Na maioria das vezes, uma variedade nova é mais exigente em nutrientes do que as tradicionais, em virtude de sua alta produtividade. Elas requerem, no caso, melhor aeração e maior umidade do solo.

Uma variedade, após ser oficialmente distribuída, começa a sua caminhada rumo ao desconhecido! Muitas encontrarão o sucesso, outras cairão no esquecimento. Se não houver cuidado nos testes de adaptabilidade fisiológica, de produtividade, de resistência às pragas, doenças, geada ou mesmo à seca, uma variedade poderá ter vida efêmera. Se, pelo contrário, ela for uma excelente variedade, poderá ter grande sucesso, como foi o caso da POJ 2878 que, depois de 60 anos de obtida, era ainda a variedade mais plantada na Ilha de Java. Ao lado desse sucesso, ela se tornou progenitora de inúmeras variedades em todo o mundo.

A Co 419, que já foi muito cultivada em São Paulo, não é mais plantada, por ser suscetível ao carvão. Em 1983, no entanto, verificou-se que, em uma coleção de variedades em Bandeirantes, PR, ela possuía menor número de chicotes de carvão do que a NA 56-79, que, na época, detinha a maior área plantada em todo o território nacional.

Algumas variedades, que já tiveram grande aceitação, poderiam ainda hoje apresentar bons rendimentos, se fossem submetidas a um manejo adequado. Assim, uma região de clima e solo mais adaptados, uma fertilização diferenciada, tratamento térmico para as mudas de plantio, viveiros bem cuidados, *rouging* periódico ou outras práticas agrícolas aumentariam o rendimento de algumas variedades.

A variedade CB 41-76, por exemplo, ocupava, em 1972, 22,46% da área total cultivada com cana em São Paulo e, em 1983, ocupava somente 5,97%. O plantio decresceu 73,42%. Nessa época, tanto a rede oficial de melhoramento genético como a particular adotavam a variedade CB 41-76 como variedade-padrão em seus experimentos. Essa variedade servia então de parâmetro para a comparação com a produtividade das variedades importadas na época ou para as variedades produzidas nos programas nacionais. Pouco a pouco verificou-se que, em muitos locais, a sua produtividade não era a melhor, pois era superada por várias outras variedades que, paulatinamente, a estavam substituindo. Nessa mesma época, foi introduzido o conceito de Período Útil de Industrialização - PUI -, aliado aos dados de maturação.

Em São Paulo, de 1972 a 1983 havia mais de 20 variedades cultivadas em pequenas percentagens. Na mesma época, Pernambuco alicerçava sua lavoura em três delas, CB 45-3, Co 331 e CP 51-22. Alagoas destacava-se com as variedades CB 45-3 e Co 331. O Rio de Janeiro plantava quase que exclusivamente a CB 45-3. Vale notar que tanto a Co 331 como a CB 45-3 são suscetíveis ao carvão. Não se deve esquecer o que houve em São Paulo, na década de 40, com as lavouras suscetíveis a essa doença. Não se deve confiar a economia de um estado a variedades que possam, a qualquer momento, abalar ou comprometer o complexo empresarial dependente da estrutura sucroalcooleira.

Aconselha-se plantar variedades precoces, médias e tardias em uma mesma propriedade. Já foram encontradas propriedades com mais de 20 variedades plantadas sem qualquer classificação de precocidade. Talvez um número ideal para propriedades médias seria o de 6 a 8 variedades, distribuídas entre precoces, médias e tardias. Em regiões não muito amplas, pode-se fazer o plantio e a colheita em um sistema cooperativo, regionalizando as variedades e barateando, com isso, o custo financeiro da lavoura.

O entrosamento entre técnicos da mesma instituição ou de instituições diferentes, tanto nacionais como internacionais, é sempre salutar na implementação de novas tecnologias ou mesmo na troca de material genético. A participação dos mesmos em conclave os mais diversos facilita a colaboração científica no setor e agiliza as normas técnicas e científicas mais recentes.

## Eficiência das Seleções

Há necessidade de comprovar o resultado do trabalho do melhorista quanto ao julgamento do material selecionado. Há inúmeras maneiras diferentes de se fazer isso. Pode ser adotada a seguinte técnica: um grupo de selecionadores sai a campo para graduar um conjunto de clones. Cada um faz a sua graduação baseado em critérios próprios, desconhecendo a graduação dada pelo seu colega. Ao fim da tarefa, o grupo se reúne para avaliar as diferenças existentes no trabalho. O grupo deve voltar ao campo e discutir as graduações divergentes. Com esse processo, os componentes do trabalho de seleção estarão sintonizados entre si. Procura-se acrescentar ao processo as considerações de pesquisadores da mesma instituição ou de avaliações feitas por técnicos das unidades de processamento industrial que podem contribuir para o julgamento de clones ou variedades.

Os ensaios regionais são os indicadores mais seguros da eficiência das seleções. Se um clone se destaca indistintamente em vários locais é um bom indício de sua capacidade de adaptação. Para se tornar variedade, dependerá, em muito, dos testes de doenças. O melhorista não deve ser também tão intransigente a ponto de sacrificar um material sem ter a certeza de que o deva fazer. Alguns fitopatologistas são radicais nesse propósito.

Pode-se também comprovar a eficiência da seleção plantando-se todo o material descartado em um campo contíguo ao selecionado e refazer a avaliação do mesmo, no ano seguinte. É um método muito trabalhoso e que requer muita área plantada a ser selecionada. Esse procedimento só deve ser utilizado em casos especiais. Entretanto, é uma metodologia bastante eficiente e que permite um controle da equipe como um todo ou mesmo uma auto-avaliação, quando houver somente um avaliador.

Em cana-de-açúcar, o pesquisador seleciona o fenótipo em lugar do genótipo; entretanto, é este que proporciona as qualidades herdáveis. Esse fato justifica inúmeros erros em muitas seleções. O melhorista não deve ser precipitado em avaliar o material a ser selecionado. Quando um clone chega a ser considerado variedade, o seu trabalho estará começando, para que se obtenha novamente uma outra variedade ainda melhor do que essa que está sendo lançada comercialmente. Quanto mais estreita for a faixa de seleção, mais o técnico deve se apoiar em ferramentas que o levem a refinar ainda mais o seu trabalho, e a herdabilidade, a repetibilidade, as correlações genéticas, o progresso esperado na seleção, etc. deverão merecer atenções específicas e entrar na rotina de seleção. Mesmo assim, o seu trabalho não estará concluído antes de 10 anos de iniciado.



# Crescimento e Maturação

O crescimento e a maturação da cana-de-açúcar, sob o ponto de vista da fisiologia, já foram tratados no capítulo sobre Fisiologia. Este capítulo, entretanto, trata dos aspectos agronômicos, tanto do crescimento como da sua maturação.

## Crescimento da Cana-de-açúcar

De modo geral, o crescimento da cana-de-açúcar é considerado pela sua produtividade, que pode ser avaliada sob diferentes aspectos, pois a cana não tem um desenvolvimento uniforme desde a formação das raízes até a brotação das gemas. A taxa de crescimento aumenta gradualmente até atingir um máximo (Fig. 41). Em seguida, há uma diminuição progressiva até o ciclo vegetativo se completar. O crescimento mensal da cana planta pode ser representado na forma de um gráfico em curva senoidal, curva esta chamada de “Grande

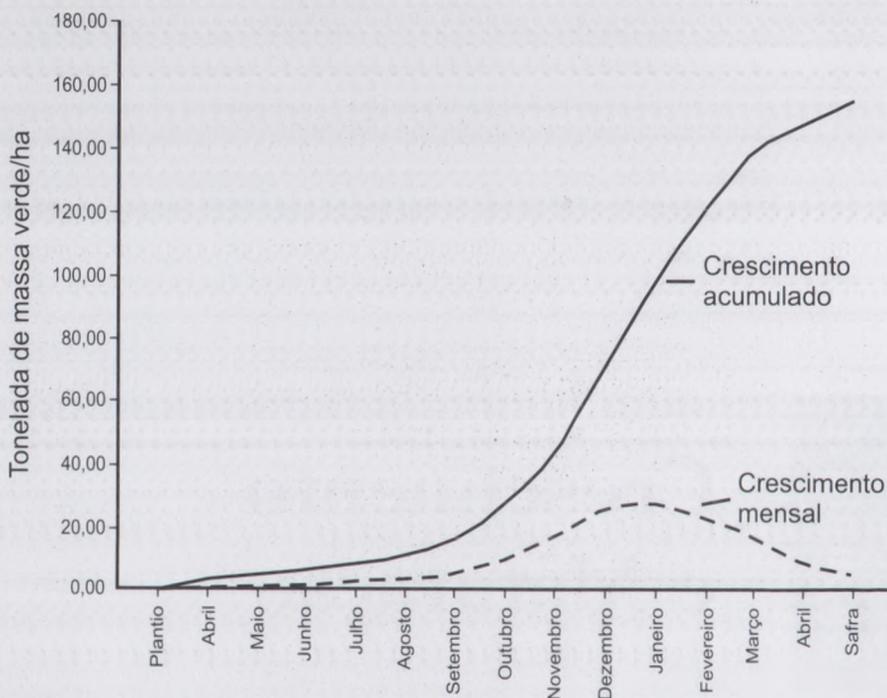
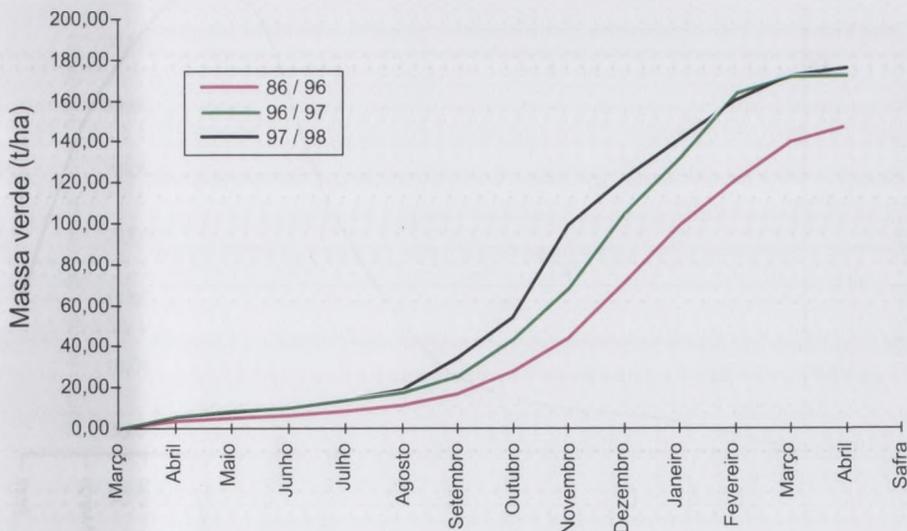


Fig. 41. Período de crescimento vegetativo da cana-de-açúcar.

Período de Vegetação”, quando atinge o paróximo, segundo Dillewijn (1952). As necessidades de nutrientes, água, temperatura e luz são variáveis no decorrer do ciclo vegetativo. Não existe necessariamente uma correlação simultânea entre os fatores favoráveis e um desenvolvimento uniforme da planta. Por exemplo, durante um período de estiagem, o crescimento aparente do colmo pode ficar reduzido; entretanto, o metabolismo de assimilação continua a sintetizar, aumentando a matéria seca.

Na fase inicial do desenvolvimento de uma nova touceira, a brotação das gemas e a formação do seu sistema radicular são alimentadas pelas reservas nutritivas disponíveis no tolete original, até o momento em que seja alcançada uma auto-suficiência nutricional do seu próprio sistema vegetativo. Essa fase pode estender-se além do normal, conforme as condições ambientais. A quebra da dormência para que se efetue o crescimento das raízes requer uma temperatura, no solo, superior a 12°C. O entumescimento da gema,

com a emissão das primeiras folhas, ocorre quando a temperatura média externa for superior a 17°C. Com uma umidade estável no solo de aproximadamente 20% e uma temperatura inferior a 10°C, as gemas podem conservar o poder germinativo durante vários meses. Em Barreiras, BA, observou-se um canavial plantado no final do mês de abril que brotou normalmente em agosto, com a elevação da temperatura do solo. Durante esse período, não ocorreram precipitações nem foram feitas irrigações. Nesse mesmo local, entre 1986 e 1996, portanto num intervalo de 10 anos (Fig. 42), foi medido o crescimento da cana-de-açúcar, mensalmente, por pesagem da massa verde resultante de um ciclo vegetativo de 14 a 15 meses, em cana planta. Os canaviais-testemunha sempre foram plantados no mês de março e colhidos em maio do ano seguinte. Todo ano, as variedades plantadas foram eleitas entre aquelas que mostraram maior produtividade. O objetivo desse estudo foi o de avaliar o ritmo de crescimento vegetativo da cana planta, para determinar as variações na produção, decorrentes da influência de fatores climáticos e, mais especificamente, no que tange à água, ao calor e à luz. De uma forma geral, isso ocorre nas lavouras comerciais



**Fig. 42.** Curvas de crescimento das safras de 1986 a 1996, 1996 a 1997 e 1997 a 1998 (em t/ha).

e, determinando-se as características do Grande Período de Vegetação, pode-se obter uma produtividade mais elevada por meio de um planejamento do plantio de toda a lavoura.

## Grande período de vegetação (GPV)

As curvas médias de crescimento da cana-de-açúcar foram obtidas a partir dos dados de pesagem da massa verde de variedades cultivadas para o uso industrial, constituindo assim uma amostra do que realmente se pratica no campo, representando, essas variedades, mais de 50% da área plantada em cana planta.

Um fato significativo e curioso é que o ápice da curva do GPV situa-se anualmente no mês de dezembro (Fig. 43), com pequena variabilidade de ano para ano. Essa tendência não se verifica somente em cana planta, mas também na cana soca. O período em dezembro é próximo ao equinócio de verão, período em que fatores como luz e comprimento do dia se complementam com fatores hidrotérmicos,

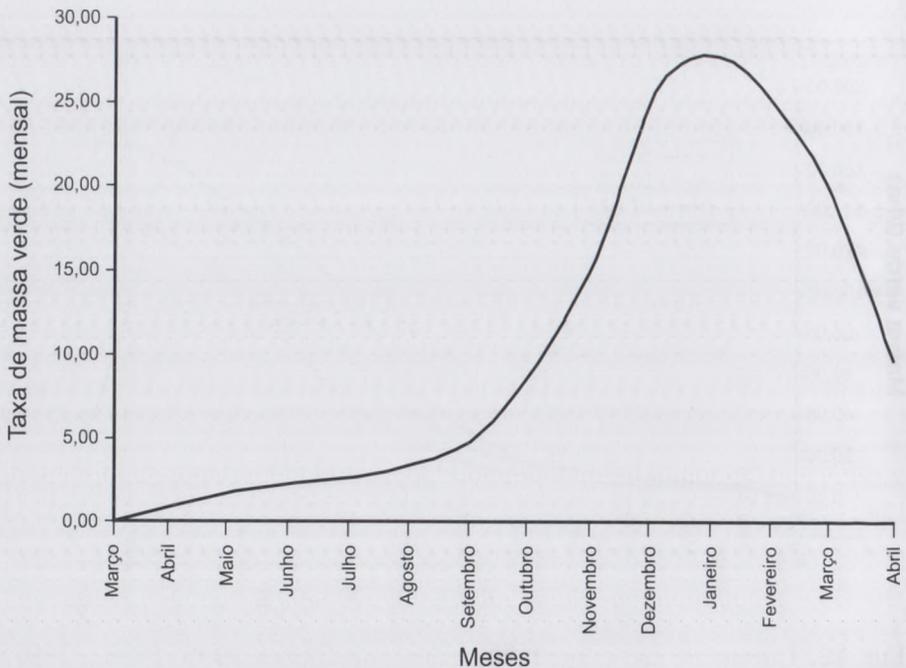


Fig. 43. Grande período de vegetação da cana planta.

mostrando, assim, a importância dos mesmos na produção da cana-de-açúcar.

Para aproveitar o máximo da aptidão fisiológica da planta, durante o GPV, é necessário que o sistema radicular da touceira esteja bem desenvolvido e que contenha de 12 a 14 folhas em pleno desenvolvimento. Essa fase deve ocorrer no mês de setembro, para que a planta possa apresentar o máximo de rendimento, desde o início da curva ascendente do GPV. Por essa razão, os canaviais plantados entre março e agosto apresentam uma diferença de rendimento em relação aos plantados em outubro. As plantas deste último não terão tempo suficiente de vegetação para aproveitar todo o potencial da melhor época de vegetação, por insuficiência de formação do seu sistema radicular e de sua área foliar.

## Potencial de crescimento com irrigação

A Fig. 44, que ilustra o ganho de massa verde por hectare/mês e por tonelada, observado durante 10 anos na Usina Santa Fé, fornece

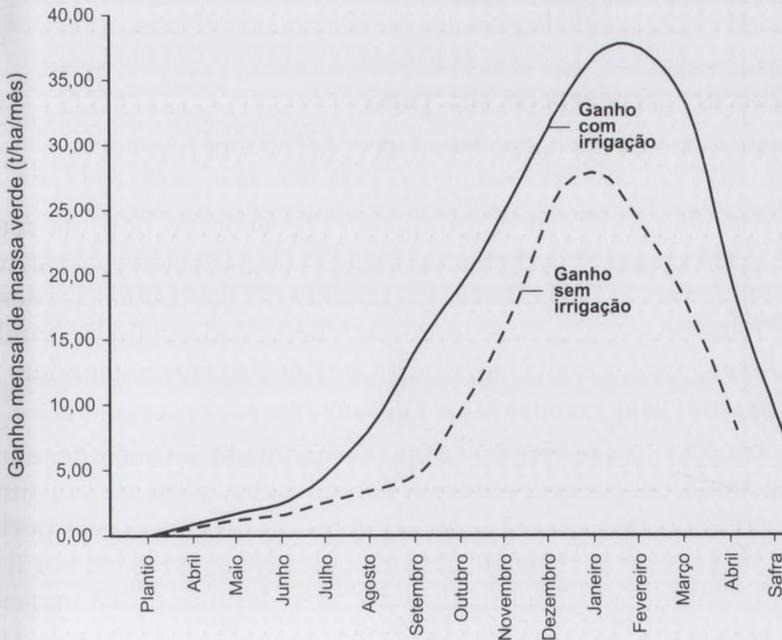


Fig. 44. Potencial de crescimento da cana planta com irrigação.

informações sobre o potencial de crescimento das variedades mais produtivas. Com uma seleção mensal dos melhores valores em ganho de peso, pode-se construir uma curva das melhores performances de crescimento em comparação à curva média dos 10 anos em que essas variedades foram estudadas. Considerando-se que as chuvas devem fornecer água em quantidade suficiente para suprir as necessidades hídricas da cana-de-açúcar, tem-se, nas condições experimentais, um potencial de aumento teórico de produtividade da ordem de 37,4%, representado pelo espaço existente entre as duas curvas simétricas. Esse fato demonstra que a limitação de crescimento depende mais do potencial térmico do que do volume de água fornecido. Uma irrigação complementar feita entre os meses de julho e dezembro proporcionou um aumento significativo de 25% a 30%, quando essa irrigação foi feita a partir do equinócio do outono.

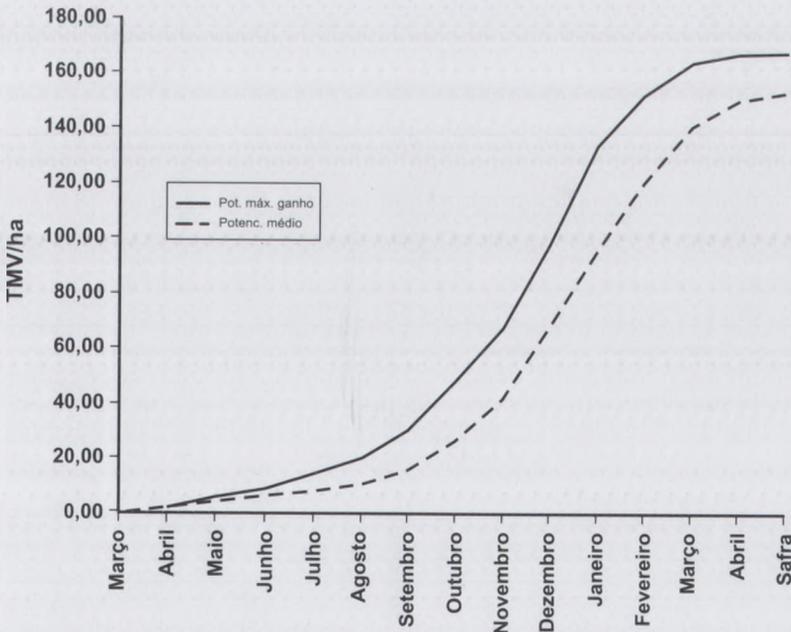
O conhecimento do ciclo vegetativo completo da cana-de-açúcar leva a resultados econômicos interessantes. Portanto, os canaviais sem água de irrigação, a ser aplicada em determinada época do seu ciclo vegetativo, produzem menor tonelagem de colmos do que os canaviais irrigados, mas produzem uma quantidade maior de açúcar do que aqueles que receberam uma irrigação com reposição integral (Salibe & Tuler, 1980).

## **Avaliação por meio do peso da massa verde por hectare (PMVH)**

A avaliação global da produção, por meio do peso da massa verde, é feita a partir do aumento de peso da parte aérea constituída de colmo, com as folhas secas aderentes, e das folhas verdes do leque foliar. As avaliações devem ser feitas pela colheita total da parcela, em três repetições por época. Em parcelas separadas, faz-se uma contagem mensal do perfilhamento.

Em São Paulo, em um canal instalado no mês de março, por exemplo, as pesagens devem ser iniciadas somente em junho, em virtude do pequeno desenvolvimento da planta, nesse período inicial de vegetação. A partir de então, as pesagens devem ser feitas mensalmente, nos primeiros dias do mês, durante os 15 meses do ciclo vegetativo.

Foi estabelecido pelos técnicos que, para se avaliar o Grande Período de Vegetação, deve-se valer dos dados da cana planta, por se acreditar que ela é a mais representativa. Um experimento com essa finalidade foi conduzido durante 10 anos na Usina Santa Luiza, a fim de minimizar ao máximo a influência das variações climáticas sobre os valores médios das curvas de crescimento. Entretanto, os valores mais altos e as médias (Tabela 11), para cada época nesses 10 anos, foram utilizados para a construção das curvas de maior produção média (Fig. 45), em condições normais de clima. Anualmente, também foram escolhidas para os testes do ano seguinte as variedades de cultivo industrial que mais se destacaram em PMVH e que não floresceram.



**Fig. 45.** Valores médios e máximos de ganhos de massa verde por hectare em 10 anos de estudos em cana planta.

## Variações observadas

O método de avaliação do ciclo vegetativo por pesagem da massa verde foi utilizado em Canal Point, na Flórida, por Brandes, em 1950, citado por Dillewijn (1952). As variedades estudadas por

**Tabela 11.** Dados máximos de peso de massa verde por hectare obtidos das safras de 1987 a 1997 na Usina Santa Luíza, SP e a média dos mesmos, para as variedades abaixo relacionadas.

Meses	Ganho de PMV/ha mensal e por safra											
	Média	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	
Julho	9,10	7,50	9,00	9,65	7,18	9,22	8,46	5,47	12,07	9,37	13,03	
Agosto	2,77	2,00	2,50	1,79	2,22	3,07	2,82	1,82	4,03	3,13	4,34	
Setembro	5,71	2,50	3,00	1,50	11,80	5,38	3,17	9,10	12,50	-0,08	8,26	
Outubro	12,00	6,04	4,63	1,70	15,27	11,87	11,29	24,52	16,10	10,83	17,78	
Novembro	17,05	7,32	19,60	6,51	9,38	25,30	12,26	23,01	16,53	24,96	25,64	
Dezembro	26,68	23,78	26,04	30,13	26,25	17,31	28,10	19,79	29,83	29,94	35,58	
Janeiro	27,34	38,15	32,10	35,14	34,02	17,42	30,70	18,33	16,44	23,48	27,63	
Fevereiro	22,20	22,63	27,02	19,00	18,06	23,05	34,80	13,55	23,87	8,63	31,42	
Março	19,63	22,18	26,86	30,99	16,04	27,99	14,91	11,75	22,17	16,34	7,09	
Abril	7,76	12,51	0,31	3,43	17,84	6,12	3,79	4,60	10,90	16,40	1,67	
<b>Total/periódoo</b>	<b>149,14</b>	<b>134,61</b>	<b>150,06</b>	<b>139,84</b>	<b>158,06</b>	<b>146,73</b>	<b>150,30</b>	<b>131,94</b>	<b>164,44</b>	<b>143,00</b>	<b>172,44</b>	

Rend. c. Planta*	110,18	91,20	107,00	105,70	117,00	123,00	120,00	110,80	116,10	99,77	111,24
Folhas e pontas*	38,96	43,41	43,06	34,14	41,06	23,73	30,30	21,14	48,34	43,23	61,20
Folhas e pontas**	26,12	32,24	28,69	24,41	25,97	16,17	20,16	16,02	29,40	30,23	35,49

\* = ton/ha - \*\* = %

87/88	Variedades amostradas durante os 10 anos do experimento											
	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97			
NA 56-79	SP 70-1143	SP 70-1143	SP 70-1143	SP 70-1143	SP 70-1143	SP 70-1143	SP 70-1143	SP 79-1011	SP 79-1011			
SP 70-1143	SP 71-6163	SP 71-6163	SP 71-6163	SP 71-6163	SP 71-6163	SP 71-6163	SP 71-6163	RB72454	RB72454			
SP 71-6163	SP 71-1406	SP 71-1406	SP 71-1406	SP 71-1406	SP 71-1406	SP 71-1406	SP 71-1406	SP 80-1842	SP 80-1842			
SP 71-1081	SP 71-1081	SP 71-1081	SP 71-1081	SP 71-1081	SP 71-1081	SP 71-1081	SP 71-1081	SP 79-2313	SP 79-2313			
SP 71-1406	SP 71-3146	SP 79-1011	SP 79-2233	SP 79-2233								
				RB765418	RB765418	RB765418	RB765418	RB785148	RB785148			
				RB72454	RB72454	RB72454	RB72454					

Brandes apresentaram, em média, curvas simétricas para o Grande Período de Vegetação. As grandes variações, do formato da curva do Grande Período de Vegetação, podem ser atribuídas às diferenças dos fatores climáticos, quando o ciclo vegetativo é superior a 24 meses. No Havaí, onde o ciclo vegetativo da cana é bastante longo, Clements, em 1940, também citado por Dillewijn (1952), observou uma alternância de verões quentes e invernos frios de climas subtropicais. Ele estabeleceu, então, uma curva bimodal cujos mínimos e máximos são coincidentes respectivamente com as épocas quentes e frias.

No Brasil, a chamada “cana bis”, que é a cana deixada no campo por mais de 2 anos, por excesso de produção, apresenta um estado de maturação mais precoce no segundo ciclo (Miocque, 1980). Por sua vez, dois fatores podem contribuir para provocar grandes alterações no metabolismo da cana-de-açúcar: o período de duração dos dias e a nebulosidade.

No clima equatorial de Macapá, AP, o céu é completamente encoberto por nuvens, durante longos períodos, nos meses de janeiro e fevereiro. A falta de luminosidade inibe o crescimento da cana, que se desenvolve com internódios no formato de carretel, apesar da temperatura média ser ao redor de 25°C. Também, nesses climas, o Grande Período de Vegetação é mais curto (Miocque, 1968). Em Manaus, AM, por exemplo, há variedades que têm o período útil de vegetação entre 10 e 12 meses. No final dessa fase, a riqueza do colmo atinge o máximo de desenvolvimento para, em seguida, iniciar um decréscimo do teor de sacarose, pela base do colmo. Já aos 15 meses, uma grande parte da sacarose, sintetizada pela planta, é transformada em açúcares redutores pelo processo de inversão da sacarose e, notadamente, em glicose e amido.

## **Correlação entre as produções de massa verde e de cana moída**

A diferença de produção observada durante 10 anos entre as pesagens mensais da cana integral, composta de colmo e folhas, e da pesagem da cana utilizada na moagem, colhida no fim do ciclo vegetativo, representa, em média, 38,96 t/ha de material inerte e não aproveitado industrialmente, considerando-se um rendimento

médio de 110,18 toneladas de colmos despalhados e despontados por hectare.

Os gráficos de crescimento da cana-de-açúcar apresentam uma forma parabólica, em função da síntese dos fatores climáticos. O crescimento diferencial da cana está situado no início do ciclo vegetativo, quando o desenvolvimento das folhas é mais rápido do que o crescimento do colmo. Mais tarde essa diferença desaparece gradativamente porque, ao desenvolvimento de uma folha, corresponde a formação de um internódio. Essa dispersão de resultados é explicada pela variação do peso dos colmos e das folhas em relação ao rendimento da cultura (Dillewijn, 1952).

A curva dos ganhos de massa verde mensal acumulada mostra a evolução do crescimento da cana durante o ciclo vegetativo total, isto é, do plantio à colheita. Essa curva acumulada permite, antecipadamente, fazer uma previsão da produção da safra.

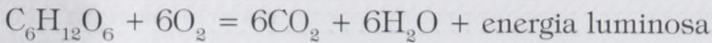
Não se estudou, neste caso, a correlação entre o peso dos colmos e o peso da cana integral, com os seus colmos e folhas, tanto verdes como secas, por dois motivos. Primeiro, porque o crescimento de cada internódio está concomitantemente ligado à emissão de uma nova folha. Entretanto, em períodos desfavoráveis, os internódios têm um comprimento menor do que o normal e menos peso em relação às folhas. Segundo, porque a vida útil das folhas verdes, para um período desfavorável, foi estimada em 30 dias, intervalo da amostragem das parcelas do experimento. Assim, as folhas nascem, crescem e secam num intervalo de 30 dias; porém, em condições favoráveis, o ciclo de vegetação das folhas poderá ser superior a 1 mês. Em consequência disso, as folhas no estado verde serão pesadas num determinado mês como tal e, conseqüentemente, no mês seguinte, como folha seca.

Além de se poder visualizar o Grande Período de Vegetação com esse estudo, ele permite ainda evidenciar a conveniência de se planejar o plantio de diferentes variedades, aproveitando as melhores condições climáticas de temperatura e de luz com complementação de irrigação somente em época mais conveniente, para assegurar a mais alta produtividade sem aumentar os custos.

A maturação da cana é constituída pela formação fisiológica de açúcares no interior dos seus colmos, e o amadurecimento ocorre

somente no fim do seu ciclo vegetativo. Por conseguinte, a idade fisiológica da planta é influenciada por diversos fatores, todos eles de grande importância.

A respiração fornece ao vegetal energia necessária para as suas diferentes funções, tais como o crescimento e a absorção da água. Ela é responsável pela oxidação da matéria orgânica, conforme a fórmula genérica:



Assim, para cada molécula de oxigênio absorvida, uma molécula de bióxido de carbono é liberada. O processo da respiração é exatamente o inverso ao da assimilação (Calvino, 1923).

As funções da fotossíntese são quase que exclusivamente reservadas às partes verdes e a respiração se processa por todas as partes da planta, principalmente pelos tecidos mais jovens. Conseqüentemente, a taxa de respiração diminui com o envelhecimento da planta. A diferença entre a quantidade de  $CO_2$  liberada e a assimilação constitui um elemento importante no processo de maturação. Entretanto, com o transcorrer do ciclo vegetativo da cana, existe uma alteração do equilíbrio de suas funções fisiológicas. Assim, a planta pode atingir um estado propício à maturação, por idade fisiológica, independente de qualquer fator externo. Ela pode ainda chegar a esse estado com um ciclo vegetativo de duração variável, conforme a sua variedade. As canas nobres, por exemplo, cultivadas na antigüidade, completavam a maturação por idade fisiológica, nas regiões situadas no litoral de países com clima tropical. Atualmente, variedades híbridas especialmente selecionadas para as regiões quentes e úmidas, durante o ano inteiro, amadurecem em função da idade fisiológica.

A planta não consome a mesma proporção de matérias elaboradas pela fotossíntese quando o seu ritmo de alongação é diminuído. Nesse momento, inicia-se o armazenamento. Com essa alteração do equilíbrio fisiológico, nota-se um aumento da matéria seca, que é constituída de substâncias solúveis, principalmente de sacarose (Dillewijn, 1952).

Essa redução do crescimento pode ser auxiliado por fatores naturais e a temperatura é um fator dominante na fotossíntese, tanto

que o valor ótimo, para a síntese da sacarose no limbo da folha, está ao redor de 30°C. A partir de 35°C, observa-se uma redução do processo fotossintético. Esse fato explica por que, nos climas tropicais, existe um declínio acentuado da taxa de fotossíntese nas horas mais quentes do dia, no intervalo que varia entre as 11h e as 14h. Com temperaturas abaixo de 15°C, a atividade fotossintética é muito reduzida.

Os efeitos conjugados da temperatura e da luminosidade são responsáveis pelo aumento da produção da matéria seca e, de maneira mais específica, pelo crescimento das plantas. Quando se reduz a intensidade luminosa, a fotossíntese diminui e a respiração não é mais, sensivelmente, induzida pela luz. De certa maneira, as atividades fisiológicas atingem uma situação de equilíbrio que se chama “ponto de compensação”.

Nessas condições, as funções respiratórias entram em um ponto de equilíbrio. Com isso, tanto o gás carbônico como o oxigênio da atmosfera são muito pouco absorvidos e, conseqüentemente, o aumento da matéria seca é muito pouco perceptível e, em regiões com nebulosidade bastante acentuada, o crescimento da cana é reduzido.

Em Macapá, por exemplo, no mês de janeiro, o céu normalmente permanece encoberto durante longos períodos e, apesar de uma temperatura média superior a 25°C e com uma precipitação pluviométrica diária, a cana cresce muito pouco, e os internódios formados nessa época são bem curtos. A falta de luminosidade é um fator limitante da fotossíntese e, tanto a produção agrícola como a riqueza sacarina, são baixas.

No Havaí, vários pesquisadores observaram que a taxa de assimilação da cana-de-açúcar em lugares distintos, com temperaturas idênticas, mas em condições de luminosidade diferente, teve uma variação apreciável na produção de açúcar (Humbert, 1968).

O efeito favorável da queda da temperatura sobre a riqueza sacarina é um fato reconhecido por muitos fisiologistas. Ele é devido, em grande parte, a um efeito correlato, de que a temperatura baixa reduz a sua taxa de crescimento, proporcionando um equilíbrio fisiológico, favorável à acumulação de grande quantidade de produtos elaborados sob forma de sacarose.

A umidade também é essencial para assimilação da planta na formação de sacarose e na eficiência do seu processo de translocação. Tanto assim que uma pesquisa de Hartt (1934), provou que a disponibilidade de água é de suma importância à fotossíntese da sacarose, no limbo foliar, e à sua translocação para os colmos. Em solos arenosos, com baixa capacidade de campo, a redução do crescimento pode ser provocada por uma deficiência hídrica, mesmo após a época de chuvas.

Por observações feitas em janeiro, no Vale do Rio São Francisco, verificou-se que há uma taxa de assimilação muito intensa de açúcar por hectare e por ano. A intensidade luminosa e a temperatura ideal, durante uma grande parte do ano, são responsáveis por esse excelente desempenho, nessa região brasileira. Nesse caso, a irrigação é indispensável, porque as chuvas ocorrem somente durante 3 meses do ano. Quando, porém, o potencial térmico de um clima é favorável à cultura, a irrigação da mesma permite um rendimento superior a 150 t/ha/ano, viabilizando o investimento de irrigação e permitindo controlar a maturação com a redução das regas.

A quantidade de açúcar armazenada no colmo, em canaviais que sofreram deficiência hídrica acentuada, é sempre inferior àquela verificada em canaviais que não sofreram falta de umidade durante o período de maturação. Em certos casos, pode-se até impedir a formação da sacarose. Em 1963, houve um período de estiagem prolongada no Estado de São Paulo. As chuvas cessaram muito cedo e todo o leque foliar secou, impossibilitando as funções fisiológicas e impedindo a formação da sacarose. Muitos canaviais foram abandonados durante um determinado período da safra, em razão da baixa riqueza sacarina e, no mês de novembro, esses mesmos canaviais foram cortados, com uma riqueza sacarina normal.

Quanto mais a seiva elaborada for utilizada para o crescimento da planta, menos dela será disponível para formar a sacarose. A cana precisa manter uma certa taxa de crescimento, necessária para assegurar um volume de colmo normal e para a elaboração de sacarose. O mínimo é determinado pelo fato de que o rendimento da cana de moagem raramente ultrapassa os 15%. Durante o processo de maturação, o crescimento geral da planta deve ser progressivamente reduzido, para que uma quantidade crescente de matéria elaborada seja destinada à formação de sacarose em

detrimento do crescimento. A manutenção de um nível mínimo de umidade, até o momento da colheita, é importante, para que a planta não seja obrigada a gastar as suas reservas, o que assegurará suas funções fisiológicas. Quando a evapotranspiração exceder às disponibilidades de água, a quantidade de caldo extraível diminuirá, observando-se uma retrogradação da sacarose em glicose.

Os fertilizantes possuem grande influência sobre a elaboração da sacarose. O nitrogênio aumenta a taxa de assimilação e, conseqüentemente, o crescimento. Quando o nitrogênio é aplicado após o período de vegetação, ele prejudica e retarda o progresso de maturação, porque não permite a redução da atividade clorofiliana. O fósforo é de assimilação muito lenta durante o período de crescimento da cana-de-açúcar e age como catalisador na elaboração da sacarose. Os canaviais com teores de fósforo muito baixo apresentam uma riqueza menor do que os com riqueza mais alta. O potássio, por sua vez, acelera a elaboração da sacarose e possui uma função importante na transformação entre as hexoses e a sacarose, bem como ativa a translocação da sacarose no colmo. Entretanto, as dosagens elevadas, aplicadas pela irrigação descontrolada de restilo, durante muitos anos seguidos, pode interferir negativamente na formação da sacarose. Esse fato foi observado principalmente em solos argilosos.

O desfolhamento do colmo eleva a sua taxa de transpiração, induzindo a uma redução da sacarose. O desfolhamento do leque foliar provoca uma interrupção da fotossíntese na planta, sendo obrigada, por esse motivo, a manter suas funções fisiológicas utilizando-se de suas reservas. Como conseqüência desse processo, ocasiona um declínio do seu teor de sacarose. Em geral, uma variedade rica possui cerca de 12 folhas fisiologicamente ativas na maior parte do período vegetativo. O desfolhamento, provocado pelas ventanias fortes, por doenças do sistema foliar ou mesmo por insetos predadores, ocasiona um retardamento da maturação da planta até que folhas novas tenham uma área foliar suficiente para desenvolver plenamente as suas funções fisiológicas.

Na região Centro-Sul do Brasil, periodicamente as geadas destroem o leque foliar. Quando o meristema é atingido, observa-se uma inversão da sacarose. Depois de algumas semanas, a cana apresenta teores de açúcares tão baixos que não permite ser cortada

para a moagem. Nesse caso, não há possibilidade de recuperação, porque as gemas laterais começam a se desenvolver.

A concentração de  $\text{CO}_2$  é maior nos tecidos mais jovens, decrescendo com a idade do colmo. Ao contrário do teor de oxigênio, que é menor nas partes mais novas, o gradiente de atividade respiratória do colmo pode ser alterado por fatores ambientais.

A cana-de-açúcar suporta as inundações mesmo as mais prolongadas, quando as mesmas não tenham atingido o meristema. Até o 14º dia, observa-se um aumento da taxa de respiração, após o qual há uma redução acentuada. O crescimento é interrompido em consequência da inativação do sistema radicular. Após a eliminação das águas, as funções de assimilação entram novamente em atividade progressiva, reconstituindo o sistema radicular. Durante a inundação, observa-se um declínio do teor de sacarose e, depois do abaixamento das águas, o processo de maturação se reestabelece (Miocque, 1966).

As variações de temperatura têm influência muito grande na aceleração do ciclo vegetativo da cana. A amplitude térmica é um fator importante para a predisposição da maturação (Fauconnier & Bassereau, 1970). A avaliação climática para a cultura da cana pode-se relacionar com a amplitude térmica dada pela fórmula de Aptidão Térmica da maturação.

$$AT = 100 \frac{T_m - t_m}{TM}$$

Em que,

AT = coeficiente térmico da cana-de-açúcar

$T_m$  = temperatura máxima média anual

$t_m$  = temperatura mínima média anual

TM = temperatura média anual

Os coeficientes térmicos inferiores a 50 indicam que a maturação ocorre por idade fisiológica e que as variedades plantadas deverão possuir tal característica. Valores iguais ou próximos de 50 indicam uma não interferência da temperatura. Já os coeficientes superiores a 50 indicam que a amplitude térmica poderá atuar como

fator favorável à maturação. Como exemplo da aplicação prática da Aptidão Térmica para a maturação da cana-de-açúcar, vejamos os valores de algumas regiões canavieiras, onde as especificidades térmicas são distintas:

1) Piracicaba, SP (dados de 1941 a 1970, Instituto Agronômico de Campinas, Climatologia Agrícola)

$$\begin{aligned} TM &= 21,1^{\circ}\text{C} \\ T_m &= 28,1^{\circ}\text{C} & AT &= 64,0 \\ t_m &= 14,6^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Observa-se que essa região sofre influências térmicas, mostrando que a maturação está ligada a esses fatores.

2) Ribeirão Preto, SP (dados de 1941 a 1970, Instituto Agronômico de Campinas, Climatologia Agrícola)

$$\begin{aligned} TM &= 21,6^{\circ}\text{C} \\ T_m &= 20,2^{\circ}\text{C} & AT &= 63,4 \\ t_m &= 15,5^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Essa região canavieira, como a anterior, permite a maturação com interferência de fatores térmicos.

3) Campos, RJ

$$\begin{aligned} TM &= 23,1^{\circ}\text{C} \\ T_m &= 31,1^{\circ}\text{C} & AT &= 45 \\ t_m &= 20,7^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Nessa região, as variedades sofrem maturação especificamente pela idade fisiológica, e os fatores térmicos não interferem nessa atividade.

4) Mont Edgecombe, Durban, África do Sul

$$\begin{aligned} TM &= 20,4^{\circ}\text{C} \\ T_m &= 24,8^{\circ}\text{C} & AT &= 44,1 \\ t_m &= 15,8^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Esse caso, similar ao anterior, mostra que as variedades de cana-de-açúcar também sofrem maturação por idade fisiológica.

## 5) Ubatuba, SP

$$T_M = 20,8^{\circ}\text{C}$$

$$T_m = 26,6^{\circ}\text{C}$$

$$t_m = 16,3^{\circ}\text{C}$$

$$AT = 49,5$$

Essa região, com Aptidão Climática próxima de 50, não apresenta interferências de valores térmicos mais atuantes, sofrendo ação de outros fatores climáticos que não os da temperatura. Há uma alternância de outros valores climáticos agindo concomitantemente na maturação.

Quando a planta atinge um certo estágio de desenvolvimento, em certas condições ambientais, pode passar da fase de crescimento para a fase de reprodução e, assim, o meristema recebe a indução floral. O florescimento, em termos de maturação, deve ser considerado como o fim do ciclo vegetativo. Essa parada de crescimento constitui um fator favorável à maturação. Toda seiva elaborada será utilizada no desenvolvimento da inflorescência e na produção da sacarose.

Certas variedades atingem o ponto máximo de riqueza sacarina antes de completar o desenvolvimento da inflorescência, como acontece com a IAC 48-65 e com outras variedades durante o florescimento. Após a emissão da flecha, a cana entra em decadência e as gemas laterais desenvolvem-se em detrimento das reservas de sacarose no colmo. Em certas condições, uma variedade pode receber indução floral; contudo, uma temperatura muito baixa pode impedir o seu desenvolvimento, podendo também haver uma retrogradação do meristema, que volta a possuir características de crescimento. Esse fato foi observado na CB 41-76, durante vários anos, no Estado de São Paulo.

Em todos os casos, o princípio fundamental do início da maturação da cana é a redução do crescimento por idade fisiológica ou outros fatores. Assim, os produtos elaborados pela fotossíntese não são mais inteiramente utilizados pela planta, como a elongação do colmo, mas certa quantidade é translocada para as células da base do colmo, permitindo acumular uma reserva, nessa parte do colmo, sob a forma de sacarose.

O sistema de estimativa do estado da maturação utilizado na sua pré-análise é baseado na determinação do Brix refratométrico

do caldo extraído do colmo, tomando-se uma amostra na base, no meio e no ápice do mesmo, utilizando-se, para isso, um refratômetro de campo.

## Tipos de aparelhos

Para testar o valor do Brix, deve-se utilizar um aparelho com escala de 0 a 32, dividida em 0,5 ou em 0,2. Para a extração do caldo, utiliza-se um perfurador que retira uma pequena amostra do mesmo, do interior do colmo, para ser colocada no prisma do refratômetro.

O melhor amostrador é o “furador havaiano”, que perfura a cana e recolhe o caldo, de vários colmos, em um pequeno reservatório, permitindo homogeneizar o caldo das amostras da base, do meio e do ápice do colmo.

## Utilização do refratômetro de campo

Deve-se coletar no mínimo cinco colmos seguidos, no sulco, por área amostrada, em pelo menos três pontos, tomados ao acaso. Extrair o caldo do colmo, com o auxílio do furador havaiano, no terceiro ou no quarto entrenó, partindo-se da base, de todos os colmos de cada feixe seguidamente, armazenando as pequenas porções de caldo no reservatório do furador. Homogeneizar o caldo do reservatório e transferir 2 ou 3 gotas do mesmo para o prisma do refratômetro, obtendo-se, com isso, uma só leitura da média dos cinco colmos amostrados. É o Brix da base do colmo ou do pé da cana.

Pode-se ainda, pelo mesmo processo, obter-se leituras somente do meio ou mesmo do ápice do colmo. Para isso, deve-se repetir as operações anteriores furando os entrenós, da parte central dos colmos de cada feixe e anotando o valor encontrado em planilhas elaboradas para tal. É o Brix do meio do colmo. Para a determinação do Brix do Ápice dos colmos, utiliza-se a leitura do último entrenó maduro de cada colmo, para a extração do caldo. Deve-se utilizar, como último entrenó maduro, aquele imediatamente abaixo do que se desprende por inteiro do colmo. Um critério para a identificação

do início do palmito consiste em enfiar a unha nos últimos entrenós. O primeiro que oferecer resistência, do ápice para a base do colmo, é definido como o primeiro entrenó maduro, e a parte apical é o palmito. A coloração ou a mudança de coloração do colmo pode ser um outro indicador do palmito.

## Cálculos e interpretações

A sacarose, produzida pela fotossíntese na cana-de-açúcar, é armazenada da base para o ápice do colmo. Assim, no início da safra, o terço da base apresenta maiores valores de Brix do que o restante do colmo. Com a progressão da maturação, há uma tendência de os valores de Brix se igualarem, para todos os entrenós maduros.

Pode-se considerar que, na época em que se verifica o valor máximo de sacarose, o valor do Brix encontrado no ápice do colmo é sensivelmente diferente ou o mesmo valor daquele encontrado em sua base. Esse procedimento define o Índice de Maturação (IM), isto é, a relação matemática entre o Brix do ápice e o Brix da base do colmo. Portanto,

$$IM = \frac{\text{Brix do ápice}}{\text{Brix da base}}$$

São coletadas três amostras por talhão e analisadas separadamente. Com isso, são obtidos três valores de IM e a média aritmética dos mesmos deve ser interpretada de acordo com a Tabela 12.

**Tabela 12.** Índice de maturação da cana-de-açúcar baseado nos valores de Brix do ápice e da base da cana.

IM	Interpretação
> 0,70	Imatura
0,71 - 0,80	Maturação baixa
0,81 - 0,90	Maturação média
0,91 - 1,00	Madura
> 1,00	Maturação ultrapassada

A maturação ultrapassada é encontrada nas regiões de clima equatorial onde a maturação procede por idade fisiológica, no fim do ciclo vegetativo, mais curto do que nas regiões de clima subtropical, como foi observado em Manaus, por Miocque (1980).

O Brix obtido do caldo, no terço médio do colmo, deve ser utilizado como um indicador do Brix médio do colmo como um todo. Esse valor, confrontado com o índice de maturação obtido da variedade, com o número de cortes e com a idade da cultura, facilita a interpretação dos resultados.

O teste de maturação, feito por intermédio do refratômetro de campo, é mais vantajoso quando empregado em pré-análise de safra, entre os meses de abril e maio, e no término da mesma, entre os meses de novembro e dezembro, servindo para classificar as variedades em precoces e tardias.

A utilização do refratômetro de campo para determinar a riqueza provável da cana é aconselhável para a classificação de clones que estão em fase de seleção. As diferenças, por erros de leitura, são relativas, não havendo, com isso, interferência em sua classificação preliminar.

# Estatística Experimental

A Estatística Experimental é o ramo da Matemática que estuda os experimentos em todas as suas fases: planejamento, execução e análise. Ela permite tirar conclusões de dados obtidos em pequenas amostras desconhecidas do pesquisador. A amostragem deve ser conduzida de modo a não alterar os resultados experimentais. Um clone pode ser favorecido por estar plantado em um local onde pequenos fatores, não controlados, possam modificar o seu comportamento, fazendo-o melhor do que realmente é.

Segundo Brieger (1955), depois que Fischer idealizou métodos de estudos em “amostras pequenas”, os processos de obtenção de amostras também foram aperfeiçoados, desenvolvendo-se na estatística a “teoria da amostragem”, por meio da qual tornou-se mais fácil analisar os dados obtidos em experimentos, e a estatística tornou-se uma ferramenta de trabalho indispensável em todos os ramos científicos que dependem da experimentação.

Há que se fazer uma distinção entre experimento e experiência. Esta representa a soma de conhecimentos adquiridos no decorrer do tempo, permitindo ao cientista formular hipóteses sobre problemas de seu interesse. O experimento é um trabalho planejado especialmente para comprovar uma hipótese baseada na experiência. Os experimentos, em sua grande maioria, seguem planejamentos padronizados e devem ser conduzidos dentro de regras predeterminadas.

## Princípios Básicos da Experimentação em Cana-de-açúcar

### Casualização

Em todo experimento, deve-se distinguir duas fontes de variação. Uma, a sistemática em que a variação pode ser feita, de acordo com a vontade do pesquisador. Outra, a de acaso, que é inevitável e que não pode ser controlada. Os efeitos desta podem ser desprezíveis por meio da casualização ou randomização das parcelas. Essa randomização é feita no momento do planejamento do experimento, com o emprego de tabelas de números aleatórios. Elas permitem distribuir as parcelas de modo que não haja interferência do pesquisador, evitando-se, com isso, que parcelas de um mesmo tratamento sejam agrupadas de maneira a favorecer os resultados obtidos.

### Parcela

É a unidade experimental com a qual o pesquisador se propõe a trabalhar. Em cana-de-açúcar, a parcela pode assumir os mais diversos aspectos e tamanhos. Dela irão ser tirada amostras para as análises físicas e químicas, cujos resultados constituirão elementos para serem trabalhados estatisticamente.

Em FT1, por exemplo, quando se utiliza o sistema individual de plantio de *seedlings*, a parcela se confunde com a touceira. Em FT2, ela é representada por um único sulco de 2 m e, em FT3, por dois sulcos de 3 m.

Na década de 60, no Estado de São Paulo, a parcela tanto para os estudos de PUI como para as curvas de maturação, competições de variedades ou níveis de adubação era composta de 6 sulcos de 10 m. Atualmente, a maioria dos experimentos é constituída de parcelas de 4 sulcos de 10 m.

Deve-se considerar como área total da parcela não somente os sulcos plantados como também a metade dos espaçamentos existentes entre as parcelas. Os valores dos resultados obtidos na experimentação, quando se considera a área da parcela dessa maneira, aproximam-se mais daqueles que são encontrados em culturas comerciais.

## Repetição

Uma única observação não permite determinar se o resultado obtido deve ser atribuído aos fatores acidentais incontroláveis ou às propriedades especiais inerentes ao material que foi testado. O pesquisador deve ter certeza de que não há influência local, desvirtuando os valores encontrados no resultado final. A repetição faz-se necessária, para que os fatores acidentais não influenciem, quer positiva ou negativamente, os resultados da experimentação.

O número de repetições pode ser determinado pela seguinte fórmula matemática:

$$N = \frac{\log L}{\log R - \log M} \quad (\text{Brieger, 1955})$$

Em que:

N = número de repetições

L = limite de improbabilidade - 1% do provável

R = lugares que deverão ser ocupados na classificação geral, pela variedade a ser testada

M = número de variedades a serem testadas

Exemplo: comparando-se seis variedades (M=6) de cana-de-açúcar e excluindo-se a possibilidade de que uma delas ocupe

acidentalmente um dos dois primeiros lugares de ordem crescente ( $R=2$ ), qual o número de repetições necessárias para esse experimento? Aplicando-se a fórmula tem-se:

$$N = \frac{\log 0,01}{\log 2 - \log 6} \frac{-2}{0,30103 - 0,77815} = 4,2$$

**Resposta:** são necessárias cinco repetições.

## Bloco

É um conjunto de parcelas onde todos os tratamentos aparecem agrupados. Sua finalidade é proporcionar ao experimento subambientes homogêneos dentro de um ambiente tido como heterogêneo, como é a maioria dos solos do Estado de São Paulo. Em ambientes reconhecidamente homogêneos, como os utilizados em ensaios de laboratório ou conduzidos em casas de vegetação, pode-se distribuir as parcelas totalmente casualizadas. Essa distribuição leva em conta somente os princípios da repetição e da casualização. Nessas condições, o número de graus de liberdade para o resíduo deve ser o maior possível, conduzindo a estimativas muito altas da variância do resíduo, uma vez que todas as variações, além das atribuídas aos tratamentos, são tomadas como variações do acaso.

## Fontes de erros

Mesmo que um experimento seja montado sob padrões de requintes, não se está isento de incorrer em erros, tanto de condução como de colheita. Esses erros podem distorcer as conclusões na análise estatística dos resultados obtidos. Em muitos experimentos, os pesquisadores têm encontrado valores, para uma determinada variedade, bastante superior aos resultados encontrados em seu plantio comercial. Essa ocorrência é proveniente de erros sistemáticos que possam estar ocultos dos técnicos. Quando as fontes de erros são cerceadas, os valores dos resultados dos experimentos aproximam-se daqueles obtidos no plantio comercial.

## Fidelidade das medidas

O pesquisador, por vezes, comete erros de amostragem por não ter uma instrumentação adequada ou por falta de metodologia apropriada ao seu alcance.

As medidas de diâmetro do colmo, por exemplo, devem ser obtidas por meio de um paquímetro de precisão. Cesnik (1972) idealizou uma metodologia para a definição dessas medidas que, posteriormente, foi adotada por outros pesquisadores, consistindo nos seguintes critérios:

- O diâmetro deve ser obtido na altura média do colmo.
- Se a altura média do colmo for coincidente ou não com o meio do internódio, toma-se a medida no ponto médio desse internódio.
- Se porém, a altura média do colmo coincidir com a região do nódio, toma-se o valor do diâmetro no meio do internódio contíguo a ele, do lado da base do colmo.
- A medida do diâmetro deve representar ainda a média de duas medidas (a maior e a menor), uma vez que o colmo possui forma irregular.

As medidas de comprimento devem ser obtidas por meio de uma trena de pano. As de aço são de manejo difícil, e as correntes de topógrafo não se prestam a essa finalidade.

As pesagens de amostras pequenas devem ser executadas por intermédio de balanças de precisão, de preferência eletrônicas. No campo, os pesquisadores e seus auxiliares servem-se de dinamômetros, cuja utilização principal é avaliar tensões. Eles têm sido empregados, no entanto, em diversos locais do mundo para a pesagem da cana, em diversos tipos de experimentos. Em 1978, foram aferidos dinamômetros de 500 kg, de diferentes procedências entre si e entre eles, e uma balança de precisão. Havia uma diferença entre as várias marcas comerciais e entre eles e a balança. Os aparelhos da mesma procedência, entretanto, forneciam resultados aproximados. Recomenda-se, por esse motivo, que se faça um gráfico de conversão de leituras para cada aparelho. Com esse procedimento, alguns erros de pesagens poderão ser eliminados.

Os dinamômetros de 200 kg não se prestam para essa finalidade, pois se quebram com muita facilidade. Essa quebra é ocasionada pelos trancos no momento em que se levanta o braço do trator, com os colmos.

## Remedição de parcelas

Após a germinação, é necessário remedir a parcela, principalmente se o experimento tiver sido instalado em curva de nível. Esse procedimento é muito importante em experimentos de produtividade. A prática tem demonstrado que existem diferenças entre a área planejada para o plantio e a área realmente plantada.

Se um experimento é planejado para ter parcelas de 10 m<sup>2</sup> e, na remedição, for encontrado 9,5 ou 10,5 m<sup>2</sup>, isto é, uma diferença de mais ou menos 0,5 m<sup>2</sup>, haverá distorções de mais ou menos 5% na produção, expressa em toneladas de cana por hectare.

Não se deve esquecer que na remedição de parcela deve-se considerar os espaçamentos existentes entre as mesmas, tanto nas laterais como nas cabeceiras. A remedição leva o pesquisador a obter resultados bem próximos daqueles obtidos nas culturas comerciais. Remede-se a parcela tomando-se as medidas dos seus quatro lados e das suas duas diagonais, para facilitar a construção da figura geométrica e, assim, calcular a área real.

## Gabarito de amostragem

Quando o operário entra num campo de cana para amostrá-lo, a fim de proceder às análises de laboratório, inconscientemente procura colher os colmos mais bonitos e sem defeitos aparentes. O canavial, entretanto, é constituído dessas canas e de tantas outras brocadas, quebradas, brotadas ou até secas, e a amostragem deve representar toda essa população e não somente parte dela.

Foi desenvolvido, no Planalsucar, um gabarito amostrador, para evitar somente a coleta de colmos com aspecto saudável, em detrimento dos outros tipos existentes. Um ferro redondo de 1/4" dobrado em forma de "U", com hastes de 30 cm de comprimento e distanciadas de 15 a 20 cm entre si.

Com esse pequeno instrumento, amostram-se de 4 a 6 colmos por “gabaritada”, devendo-se colher todo e qualquer colmo que estiver dentro do espaço do gabarito. Para evitar escolher este ou aquele local de amostragem, pode-se lançar o gabarito a distância. Faz-se tantas “gabaritadas” quantas se fizerem necessárias, para a coleta de um número de colmos exigidos pelo laboratório de análises. Utilizando-se do gabarito, consegue-se resultados mais confiáveis do que quando a amostragem é feita sem ele.

## Delineamentos Estatísticos

São muitos os delineamentos da estatística experimental utilizados na pesquisa agrônômica. Entretanto, somente parte deles é empregada no melhoramento genético da cana-de-açúcar, pelas suas particularidades. Assim, nos primeiros estágios de seleção não se empregam ensaios de competição. Estes são utilizados nas últimas fases do processo seletivo em que os clones já passaram pelos testes de doenças e acumularam informações importantes sobre a possibilidade ou não de serem melhores do que as variedades-padrão.

### Blocos de Federer

Os Blocos de Federer (Blocos Casualizados Completos Aumentados), idealizados por Federer (1956), no Havaí, são empregados na quarta fase de seleção (FT4), quando ainda não há colmos em quantidade suficiente para ser instalado um experimento em Blocos Casualizados, por exemplo. No Estado de São Paulo, na década de 60, inúmeros ensaios de competição de variedades foram instalados no delineamento de Blocos de Federer, pelos pesquisadores do então IAA. A vantagem desse delineamento é que se pode testar um grande número de clones, ou mesmo variedades, em uma área relativamente pequena, quando comparada aos outros delineamentos. Cada bloco possui material para ser comparado com as variedades-padrão. Na prática, instalam-se Blocos de Federer com 4 blocos constituídos, cada um, de 3 variedades-padrão, que são os tratamentos comuns, e de 6 clones ou variedades novas, que são os tratamentos regulares. Tem-se então parcelas repetidas (padrões) e parcelas não

repetidas (demais). Os padrões são sorteados dentro de cada bloco, antes mesmo do sorteio dos tratamentos regulares. A sua instalação no campo segue o mesmo processo da instalação de Blocos Casualizados. A análise estatística, porém, difere em ambos.

Como exemplo, pode-se montar um campo com 3 variedades-padrão e 24 clones ou variedades, distribuídos nos 4 blocos. Tem-se então:

Graus de liberdade

Variedades-padrão ( $V_p$ ) = 2

Variedades novas ( $V_n$ ) = 23

$V_p$  vs  $V_n$  = 1

A análise de variância segue o esquema inserido na Tabela 13.

**Tabela 13.** Esquema para análise de variância para delineamento de Blocos de Federer.

Causas de variação
Variedades-padrão ( $V_p$ )
Variedades novas ( $V_n$ ) ( $V_n \times V_p$ )
Tratamentos ajustados ( $T_j$ )
Blocos (B)
Resíduo (R)
Total ( $T_o$ )

## Blocos casualizados

Os Blocos Casualizados são empregados na última fase do melhoramento genético, quando se possui uma quantidade suficiente de colmos para esse plantio. Empregam-se também nos experimentos de produtividade e nas curvas de maturação. É um delineamento muito comum na pesquisa agrônômica, levando-se em consideração não somente os princípios da repetição, mas também o da casualização e do controle local. A casualização deve ser feita independentemente para cada bloco e dentro de cada um deles. O ambiente deve ser o mais homogêneo possível.

A análise de variância segue o esquema inserido na Tabela 14.

**Tabela 14.** Esquema para análise de variância para delineamento de Blocos Casualizados.

Causas de variação
Tratamentos (T)
Blocos (B)
Resíduo (R)
Total ( $T_0$ )

## Parcelas subdivididas

Os experimentos em Parcelas Subdivididas, também denominados de *split plot*, são utilizados quando se deseja estudar dois ou mais tratamentos em conjunto, tais como variedades e espaçamento. No campo, as parcelas são dispostas em condições idênticas daquelas dos Blocos Casualizados. A análise estatística, no entanto, segue o esquema inserido na Tabela 15.

**Tabela 15.** Esquema para análise de variância para delineamento de Parcelas Subdivididas.

Causas de variação
Blocos
Variedades (V)
Resíduo A (Parcelas)
Espaçamento (E)
Interação V x E
Resíduo B
Total (subparcelas)

## Experimento em faixas

Utiliza-se o delineamento em Faixas para experimentos de competição de variedades, quando se deseja uma grande área para a experimentação e cujas parcelas são colocadas de acordo com o plantio comercial, o mesmo acontecendo com a distribuição das mudas nos sulcos de plantio. Os tratamentos devem ser dispostos de tal maneira que formem faixas paralelas de mais ou menos cinco sulcos. A repetição se dá dentro da faixa, para uma mesma variedade. As parcelas são colhidas uma independente da outra. A análise estatística segue o esquema inserido na Tabela 16.

**Tabela 16.** Esquema para análise de variância para delineamento de Experimentos em Faixas.

Causas de variação
Blocos
Variedade (V)
Resíduo A
Espaçamento (E)
Resíduo B
Interação V x E
Resíduo C
Total (subparcelas)

Os experimentos em faixas só devem ser instalados quando razões de ordem prática ou econômica assim o determinem.

Outros delineamentos podem ainda ser adotados nesses programas de melhoramento. As circunstâncias que o pesquisador encontra para conduzir o programa em si serão as determinantes que irão norteá-lo.

Experimentos fatoriais, por exemplo, podem ser utilizados nos estudos de nutrição. Outros exemplos de delineamentos poderão ser adotados em pesquisas que não necessariamente visem ao melhoramento genético da cana-de-açúcar.

## Testes de Significância

Os testes de significância mais recomendados para um programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar são os seguintes:

**Teste F:** o teste clássico de análise de variância é o Teste Z, idealizado por Fischer, que foi mais tarde substituído pelo Teste F, proposto por Snedecor, como seu equivalente. O Teste Teta de Brieger também é um equivalente do Teste Z, mas não é muito utilizado, em virtude de corresponder à raiz quadrada do Teste F; entretanto, é mais preciso do que este.

A finalidade do Teste F é comparar as variâncias ou os seus respectivos desvios-padrão. É representado pelo quociente das estimativas de suas variâncias. Tem-se então que  $F = s_A^2 \div S_B^2$ , em que  $s_A^2$  e  $S_B^2$  são as estimativas das variâncias a serem comparadas. As tabelas para os valores de F, em sua maioria, foram elaboradas admitindo-se que  $s_A^2 \geq S_B^2$  e encontrando-se valores de F sempre maiores que um. Há tabelas, no entanto, com valores de  $F \leq 1$ .

O Teste F é empregado de acordo com o delineamento experimental estabelecido, testando-se a hipótese de nulidade ou de alternatividade. A hipótese da nulidade admite que as duas populações tenham a mesma variância, e a hipótese da alternatividade admite que uma das populações tenha variância maior que a outra.

**Teste de Seqüência:** este teste baseia-se exclusivamente na teoria da probabilidade. Ele foi idealizado por F.G. Brieger, podendo ser utilizado quando uma série de observações, com repetições, tiver que ser comparada. Pode-se comparar dados experimentais de um mesmo local, para diversos anos, ou de um mesmo ano, para diversos locais, assim como a melhor variedade dentro de um grupo num mesmo local.

Para proceder a esse teste, ordenam-se primeiramente os valores obtidos em ordem crescente, atribuindo-se números de 1 a n. Em seguida, ordenam-se esses mesmos valores em ordem decrescente, isto é, de n a 1. Em terceiro lugar, calculam-se os valores dos limites de significância, que são estabelecidos pelo valor do limite de probabilidade (0,2n) e de improbabilidade (0,1n). Valores de probabilidade conjunta observados, menores do que o limite de improbabilidade, indicam que o resultado não pode ser acidental.

Do mesmo modo, valores de probabilidade conjunta observados, maiores do que o limite de improbabilidade, indicam que o resultado da ordem de colocação pode ser atribuído ao acaso. Finalmente, se os valores observados estiverem entre os limites de probabilidade e improbabilidade, pode-se concluir que existem dúvidas na classificação do resultado.

**Teste t:** é um teste clássico utilizado na comparação de médias. As variedades a serem comparadas deverão ser nomeadas no momento da instalação do experimento. Os contrastes a serem testados devem ser ortogonais e, no máximo, iguais ao número de graus de liberdade existentes para tratamentos. Ele pode ser empregado para:

- Comparar duas médias.
- Comparar uma média qualquer com a média geral.
- Comparar uma variável ou uma observação com a média geral.

**Teste de Tukey:** este teste pode ser utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamentos. Pode-se obter significância em um ou mais contrastes do Teste de Tukey, quando não houver significância na análise da variância do Teste F. Por sua vez, pode ocorrer que, sendo significativo o Teste F, não haja nenhuma diferença entre os contrastes analisados pelo Teste de Tukey.

**Teste de Scheffé:** o Teste de Scheffé só deve ser aplicado quando o Teste F for significativo, pois, neste caso, haverá pelo menos um contraste significativo entre os tratamentos. O seu emprego é mais generalizado do que os testes anteriores. Também é utilizado para analisar contrastes escolhidos no momento da análise estatística.

**Teste de Qui-quadrado:** é o mais conhecido dos testes paramétricos e o mais empregado, não impondo condições sobre os parâmetros da população amostrada. Tem distribuição livre e dispensa a normalidade. Sua teoria é bastante complicada. Na prática, entretanto, possui afirmativas exatas, exigindo poucos cálculos. Este teste presta-se à análise dos dados cujas diferenças não possam ser quantificadas. Esses dados podem mesmo ser representados por sinais, não levando-se em conta a magnitude dos mesmos. No entanto, não permite testar interações.

# Repetibilidade

O valor da repetibilidade R é dado pela fórmula:

$$R = \sigma_w^2 \div (\sigma_w^2 + \sigma_e^2)$$

Em que:  $\sigma_w^2$  = valor da variação existente entre os indivíduos e  $\sigma_e^2$  = variação existente dentro de um mesmo indivíduo. O componente  $\sigma_w^2$  estima não somente toda a variação genética como também a variação ambiental, peculiar para cada indivíduo.

É possível determinar a repetibilidade quando se tomam amostras de um mesmo tamanho, para todos os indivíduos, ou quando se quer superestimar a herdabilidade. Ela avalia a eficiência de uma variedade ou de um clone, para um determinado caractere, no espaço e no tempo.

Comparando-se clones em seleção nas fase de teste FT1 com outros clones na fase de FT2, em cruzamentos biparentais e *melting pot*, foram encontrados os seguintes valores de repetibilidade na Tabela 17.

**Tabela 17.** Valores de repetibilidade encontrados em cruzamentos biparentais e *melting pot*, em cana-de-açúcar, para as fases de seleção FT1 e FT2.

Número de colmos/touceira	0,45	0,49
Diâmetro do colmo	0,62	0,63
Comprimento do colmo	0,40	0,36
Brix	0,34	0,35

# Herdabilidade

A herdabilidade da cana-de-açúcar é estimada no sentido amplo, uma vez que ela é uma planta de reprodução vegetativa. A primeira publicação de trabalho científico sobre a herdabilidade da cana-de-açúcar no Brasil foi feita por Cesnik (1972).

A herdabilidade no sentido amplo é também denominada de *degree of genetics determination* ou *grado de determinación genética*.

A herdabilidade é expressa pela fórmula:

$$h^2 = V_G \div V_F$$

Sendo  $V_F = V_G + V_A$

Em que:  $V_F$  = variação fenotípica

$V_G$  = variação genética

$V_A$  = variação ambiental

Associando os critérios adotados independentemente por Hanson (1963) e Vencovsky (1969), pode-se adotar outra fórmula:

$$h^2 = (\sigma_S^2 + \sigma_M^2) \div \sigma_F^2$$

Em que:  $\sigma_S^2$  = estimativa da variação genética devida a segregação ocorrida nas progênies

$\sigma_M^2$  = estimativa da variação genética ocorrida entre os progenitores

$\sigma_F^2$  = estimativa da variação fenotípica entre as média dos clones nas diferentes repetições

Esse processo é adotado quando a seleção é feita considerando-se, individualmente, a média das seleções locais. No caso por exemplo, de se avaliar um grupo de 5 mães diferentes com 10 descendentes em cada uma delas, plantadas em dois locais distintos, tem-se  $\sigma_F^2 = 1/2 (sQ_2 + sQ_{10}) \div 49$ .

Na Tabela 18, são registrados alguns coeficientes de herdabilidade encontrados na literatura. Provavelmente, as discordâncias encontradas para os valores de um mesmo caractere, nas diferentes pesquisas, são devidas às variações de amostragem e aos efeitos ambientais. Os caracteres com maiores índices de herdabilidade devem ser os utilizados na seleção de indivíduos em populações a serem melhoradas.

**Tabela 18.** Valores de Coeficientes de Herdabilidade ( $h^2$ ) encontrados na literatura.

Caracteres	$h^2$
Nº de colmo/touceira	0,15; 0,27; 0,37; 0,40; 0,43; 0,47; 0,91; 0,95 e 0,96
Comprimento do colmo	0,26; 0,30; 0,45; 0,51; 0,56; 0,60; 0,64; 0,82 e 0,95
Diâmetro do colmo	0,28; 0,33; 0,36; 0,42; 0,49; 0,57; 0,63; 0,85 e 0,88
Peso do colmo	0,52; 0,73; 0,74; 0,85; 0,97 e 0,98
Peso/metro de colmo	0,65
Nº de internódios/colmo	0,42 e 0,82
Brix	0,10; 0,20; 0,32; 0,33; 0,44; 0,49; 0,52; 0,65 e 0,87
Fibra	0,09; 0,72; 0,73; 0,76 e 0,77
Pol no caldo	0,52; 0,54; 0,59 e 0,78
Pol na cana	-0,19 e 0,79
Açúcares redutores	0,47 e 0,58

## Correlações

As correlações podem ser ambientais, fenotípicas ou genotípicas. Estas últimas são de grande importância para os programas de seleção, isto porque as correlações genéticas avaliam a maneira pela qual a seleção exercida sobre um caractere pode alterar um outro caractere não selecionado e cuja intenção não era a de modificá-lo.

Os valores das correlações variam de -1 a +1, passando pelo valor zero. Quando ocorrer o valor zero, significa que as variáveis são independentes. Os casos mais comuns são os intermediários. Quando houver correlações positivas entre caracteres antagônicos, corre-se o risco de melhorar um e piorar o outro, desequilibrando com isso a harmonia da variedade. Quando isso ocorre, não é possível atingir os objetivos em toda a sua plenitude.

Os testes de significância das correlações são feitos por intermédio do Teste de Qui-quadrado.

## Resposta Correlacionada à Seleção

A resposta correlacionada à seleção ( $RC_{y,x}$ ), conforme ensina Falconer (1960), é a resposta sofrida pelo caractere  $y$  quando a seleção é praticada no caractere  $x$ . A expressão para estimá-la é:

$$RC_{y,x} = k \text{Cov}_{G(y,x)} \div \sigma_{F(x)}$$

sendo  $k$  obtido em tabelas específicas, como a de Fisher & Yates (1943). Esse coeficiente varia com a intensidade da seleção e com o número total de indivíduos que sofreram a seleção.

A resposta correlacionada à seleção pode ser também expressa em percentagem da média do caractere  $y$ , pela seguinte fórmula:

$$RC_{y,x\%} = RC_{y,x} \cdot (100 \div Y)$$

Em que:

$Y$  = à média do caractere  $y$  na população estudada originalmente

A investigação de modificações que podem ser introduzidas em diversos caracteres, quando se procede à seleção em um deles, é bastante gratificante. Na Tabela 19, verifica-se que, selecionando-

**Tabela 19.** Respostas correlacionadas quando a seleção é praticada em peso médio do colmo, brix e pol no caldo, em *seedlings* de vários cruzamentos de cana-de-açúcar.

Caracteres	Valores de $RC_{y,x}\%$ , usando-se como referência		
	Peso médio de um colmo	Brix	Pol no caldo
Número de colmos por <i>seedling</i>	- 8,98	2,28	- 8,43
Comprimento médio do colmo (m)	12,94	- 3,91	1,11
Diâmetro médio do colmo (cm)	10,83	3,94	4,45
Nº médio de internódios por colmo	14,43	- 3,63	4,53
Peso médio de um colmo (kg)	(38,88)	6,75	9,31
Brix	1,48	(6,10)	4,04
Pol no caldo	2,98	5,90	(9,13)
Açúcares redutores	- 13,66	- 17,96	- 44,26
Fibra	- 10,26	6,32	7,32

se tão-somente um clone por seus dados de Brix, pode-se melhorá-lo em 6,10%, enquanto, indiretamente, pode-se melhorar em 10,45% o peso médio por metro de colmo, como também diminuir em 17,96% a percentagem de açúcares redutores. O mesmo raciocínio poderá ser feito para os outros caracteres inseridos na mesma tabela.

## Progresso Esperado na Seleção

A estimativa do Progresso Esperado na Seleção (ganho genético) é adequada a um progresso de seleção em culturas onde se escolhem os melhores *seedlings* ou clones, com base no seu comportamento médio, reproduzindo-os posteriormente de maneira assexuada, como acontece especificamente com a cana-de-açúcar.

Hanson (1963) estimou o Progresso Esperado na Seleção, em valores absolutos, pela seguinte fórmula:

$$\Delta_g \% = k (\sigma_s^2 + \sigma_N^2) \div \sigma_F^2$$

Sendo que o valor  $k$  é fornecido por tabelas específicas aos diferentes valores de percentagem que se queira pressionar na seleção.

Tomando-se os valores teóricos encontrados para a população melhorada, tenta-se compará-los com os valores encontrados na população selecionada. Pode-se, dessa maneira, testar na prática a eficiência da seleção. Na Tabela 20, encontram-se alguns valores de  $\Delta_{g\%}$

**Tabela 20.** Valores do progresso esperados na seleção ( $\Delta_{g\%}$ ) entre a média de uma população inicial ( $F_o$ ) e a média de uma população melhorada ( $F_m$ ) em 10%.

Caracteres	$F_o$	$\Delta_{g\%}$	$F_m$
Nº de colmos por <i>seedling</i>	8,45	5,89	8,95
Comprimento médio do colmo (m)	1,90	15,40	2,19
Diâmetro médio do colmo (cm)	2,48	12,04	2,77
Peso médio de um colmo (kg)	1,05	38,88	1,46
Brix	20,25	6,10	21,48
Pol no caldo	18,44	9,13	20,12
Açúcares redutores	0,47	- 52,11	0,24
Fibra	14,09	- 3,61	13,58

obtidos em experimentos conduzidos em Piracicaba e Serrana, SP, em 1972. Verifica-se, nessa tabela, que o maior progresso obtido foi para açúcares redutores, que foi da ordem de - 52,1%, e o menor ficou na determinação da fibra, que foi de - 3,6%. Já o peso médio de um colmo apresentou um progresso esperado na seleção de 38,9%. Esses dados são válidos somente para a população estudada. Para outras populações, devem ser feitos cálculos específicos.

# Programas de Melhoramento

**O**s programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar no mundo seguem, de maneira geral, uma das teorias já esquematizadas no Capítulo 4 deste livro. Muitos programas, apesar de serem coincidentes em seus aspectos teóricos, diferem na condução prática do processo.

Neste capítulo, o leitor terá a oportunidade de conhecer alguns detalhes de condução de programas brasileiros de melhoramento genético da cana-de-açúcar e, entre eles, o programa que foi desenvolvido por um breve período de tempo, pelo Instituto de Genética da Universidade de São Paulo, Campus da Esalq, em Piracicaba, SP, cujo relato é o primeiro que se faz desde aquela época.

## Programa da Copersucar

O programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar da Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado

de São Paulo – Copersucar – teve início em 1963, pela coligada Cooperativa dos Usineiros do Oeste do Estado de São Paulo – Copereste –, com sementes obtidos na Estação Experimental de Campos, do Ministério da Agricultura, situada no Município de Campos, RJ, e germinadas na Estação Experimental da Copereste, no Município de Dumont, SP, cuja fundação se deu em 1956. Os clones receberam a sigla CRP, ou seja, Campos–Ribeirão Preto.

Em 5 de setembro de 1968, a Copersucar criou a Assessoria Agrícola, que tinha a incumbência de executar um programa de melhoramento e seleção de novas variedades de cana-de-açúcar. As origens desse programa antecederam esse acontecimento histórico do melhoramento da cana-de-açúcar em São Paulo. Alguns meses antes, a Copersucar havia contratado o melhorista A. J. Mangelsdorf, da Hawaiian Sugar Planters' Association, de Honolulu, no Havaí. Em 1966, esse mesmo melhorista havia feito recomendações ao Instituto do Açúcar e do Álcool, quando viera pela primeira vez ao Brasil.

Antes mesmo de deixar o Brasil, Mangelsdorf iniciou os procedimentos de importação de variedades da Sugarcane Field Station, em Canal Point, Flórida, EUA, variedades estas destinadas a enriquecer o patrimônio genético existente no Brasil, para o seu programa de melhoramento. Foram importadas também variedades da Argentina, da Austrália e do Havaí, também por sugestão do melhorista. Em 1968, foram iniciados os entendimentos com a diretoria da Culturas Tropicais S.A., em Camamu, BA, a fim de se instalar, nesse local, uma Estação Experimental de Florescimento e Cruzamentos da Cana-de-açúcar, cuja compra de 50 hectares foi efetuada somente em maio de 1972, para produzir sementes para o seu programa de cruzamentos, programa esse ainda em atividade.

Em janeiro de 1969, a Copersucar adquiriu uma gleba de 438 hectares em Piracicaba, onde instalou a sua Estação Experimental Central. Nesse mesmo mês, adquiriu uma propriedade de 100 hectares em Assis, SP, e, em junho, incorporou em seu patrimônio os 170 hectares da Estação Experimental da Copereste, em Dumont, perto de Ribeirão Preto, SP. Esse local foi substituído, em março de 1970, pela Estação Experimental de Sertãozinho, com a compra de 753 hectares. Nesse ano, a Copersucar comprou ainda 759 hectares de terras em Jaú, SP, e, em 1973, por arrendamento, passou a contar

com uma subestação experimental em Porecatu, PR, e outra em Visconde do Rio Branco, MG, onde são feitos também os testes fitopatológicos de todo o programa de melhoramento. Em Monte Alegre do Sul, MG, foi instalada uma estação de quarentena apropriada para receber as variedades importadas.

Em 5 anos, foi criada quase toda a estrutura de apoio aos projetos de pesquisa agrônômica da Copersucar, com ênfase ao programa de melhoramento genético.

A partir de 1966, os clones receberam a sigla "SP", registrada no Germ Plasm Committee of International Society of Sugar Cane Technologists. A sigla "SP" é seguida de dois números, que significam o ano de cruzamento, e de um traço e de outros números, identificando o clone daquele ano.

Após anos de observações em sua coleção de variedades para cruzamentos, o programa adotou o plantio em covas espaçadas de 2,5 m e de 4 m nas entrelinhas, plantando-se de 4 a 12 covas de cada variedade, conforme a sua importância para o programa de cruzamentos, que se realiza, anualmente, entre maio e junho. Utiliza-se da técnica havaiana do corte dos colmos mantidos em solução ácida, ao ar livre, sob abrigos. Emprega-se como rotina a água de chuva. Em sua falta, utiliza-se a água de rio tratada com betonita e sulfato de alumínio, segundo técnica desenvolvida por Miocque et al. (1978).

A Copersucar produz em Camamu sementes para um programa de dois milhões de *seedlings* anuais e mantém ainda um convênio de fornecimento de sementes para os programas de melhoramento do Instituto Agrônômico de Campinas, em Campinas; da Estación Experimental de Tucumán, em Tucumán, Argentina, e da Victoria Milling Co., Vicmico, em Negros Ocidental, Filipinas.

Das 1.103 variedades existentes na coleção de Camamu, 906 foram classificadas e estão assim distribuídas: 491 progenitores machos, 184 intermediários e 204 progenitores fêmeas, com 27 variedades que não puderam ser identificadas, por não terem florescido. Algumas delas, após anos de cultivo nessa região, passaram a florescer, tais como: B51415, B55227, B55362, B59163, B60191, BJ5924, D117 e DB136-56. Observou-se, também, pouca variabilidade de um ano para outro no florescimento natural e na leitura do sexo das variedades, em virtude da regularidade do clima.

São aplicadas técnicas para o florescimento, de acordo com a fisiologia da planta, já explicadas no Capítulo 3.

O *fuzz* é separado das espiguetas da inflorescência e colocado em uma estufa cuja temperatura varia de 35°C a 40°C, a fim de perder a umidade excessiva. Em seguida, o *fuzz* é deslintado e armazenado em tambores, completamente fechados, contendo sílica gel. Esse processo conserva as sementes com alto poder germinativo durante 5 anos. As sementes necessárias à produção de *seedlings* para o seu programa de melhoramento são enviadas de Camamu a Piracicaba, a fim de serem germinadas em casas de vegetação, e os *seedlings* obtidos são transplantados nos campos de seleção de Assis, Jaú, Piracicaba, Sertãozinho e nos campos de pesquisas de Itamogi, PR, e em Visconde do Rio Branco, MG.

Os clones recebem a seguinte numeração: selecionados em Assis, de 1 a 1000; selecionados em Jaú, de 1001 a 3000; selecionados em Piracicaba, de 3001 a 5000, e selecionados em Sertãozinho, de 5001 a 8000. Os seis primeiros clones eleitos como variedades comerciais foram: SP 70-1005, SP 70-1078, SP 70-1143, SP 70-1284, SP 70-1423 e SP 70-3370.

## Programa da Estação Experimental de Campos

Talvez o programa mais importante deste século, no Brasil, tenha sido o programa da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Campos, no período em que Frederico de Menezes Veiga conduziu os trabalhos de melhoramento das variedades CB's, na época amplamente distribuídas por todo o Brasil e até mesmo no Continente Africano.

Em 1910, o presidente Nilo Peçanha assinou o Decreto nº 8.319 que instituiu a primeira infra-estrutura técnica para a pesquisa de melhoramento da cana-de-açúcar no Brasil, com a criação da Estação Experimental de Campos, e a Estação Experimental de Pernambuco, em Barreiros, PE, ambas subordinadas ao Departamento de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Ministério da Agricultura – Depea.

A Estação Experimental de Campos, no entanto, foi inaugurada somente em 9 de novembro de 1913, e os trabalhos de cruzamentos para a obtenção de sementes, em 1916., sob a direção de Arthur Torres Filho. De 1920 a 1927, os trabalhos de melhoramento tiveram continuidade, com Antônio Carlos Pestana, que liberou material para ser cultivado comercialmente, como a CB 3100. Os pesquisadores procuravam, na época, a obtenção de linhagens puras, pelo processo de autofecundação, para posterior realização de cruzamentos controlados.

Em 1927, Adrião Caminha Filho, após regressar de uma viagem a Java, conseguiu a importação da POJ 2878, cujos primeiros três toletes foram plantados em Campos, em 27 de setembro de 1928. A partir de 1930, adotou-se a metodologia de cruzamentos desenvolvida no Havaí, mesmo porque a região de Campos não é a mais recomendada para cruzamentos da cana-de-açúcar. Essa sugestão foi feita por Alexandre Grangier, que assumiu os trabalhos de melhoramento entre 1930 e 1942. De 1942 a 1946, assumiu o comando dos trabalhos de melhoramento Daniel Moura, que, em 1946, foi substituído por Frederico de Menezes Veiga, que havia ingressado no quadro de técnicos do Depea, em 1937. Veiga permaneceu na direção técnica e administrativa da Estação de Campos até 1972.

De 1932 a 1962, foram produzidos somente 300 mil *seedlings*, que deram origem a nada menos do que 68 variedades comerciais, das quais a mais famosa é a CB 45-3. Veiga alicerçou-se nos critérios de seleção voltados para variedades rústicas e produtivas.

## Programa da Estação Experimental de Pernambuco

A Estação Experimental de Pernambuco, criada pelo presidente Nilo Peçanha, por intermédio do Decreto nº 8.319, de 1910, foi inaugurada em janeiro de 1913, em Barreiros, durante a gestão do então ministro da Agricultura Pedro de Toledo, . A direção dessa Estação Experimental foi confiada a Nicolas van Gorkun, que deu início à produção de sementes. Os *seedlings*, resultantes das mesmas, foram selecionados tanto em Barreiros, como em São Bento,

em Curado e, mais tarde, no Instituto Agrônomico do Nordeste. Os mesmos não alcançaram sucesso nem tiveram grandes áreas plantadas, uma vez que não ultrapassaram a marca de 1% da área plantada no estado. Essas canas receberam as denominações de EB, SBP, PB e Iane.

Os primeiros campos de testes não tinham menos do que 1 hectare de área e foram instalados 30 deles, assim distribuídos por toda a região canavieira de Pernambuco:

- Zona Norte Pernambucana: 4 campos de adubação, 4 campos de competição de variedades e 2 campos de hibridação e seleção de clones.
- Zona Centro Pernambucana: 2 campos de adubação, 2 campos de competição de variedades e 1 campo de hibridação e seleção de clones.
- Zona Sul Pernambucana: 6 campos de adubação, 6 campos de competição de variedades e 3 campos de hibridação e seleção de clones.

Utilizou-se da Kassoer como progenitor masculino e das Mayaguez 37, Mayaguez 42, POJ 2878, EB 4 e EB 17 como progenitores femininos.

Foram feitas seleções para: produtividade, vigor de entouceiramento, facilidade em despalha, resistência ao mosaico, resistência à seca, riqueza sacarina e pureza.

## Programa do Instituto Agrônomico de Campinas

O programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar, do Instituto Agrônomico de Campinas, teve início no ano de 1892, com o estudo de 42 variedades nobres do grupo *Sacharum officinarum*, mas um trabalho sistemático de hibridação visando ao seu melhoramento teve início somente em 1934, na então Estação Experimental de Cana-de-açúcar e Plantas Oleaginosas de Piracicaba, pertencente à Divisão de Fomento Agrícola da Secretaria de Agricultura de São Paulo, com os trabalhos de José Manoel de

Aguirre Jr. Com a extinção da Divisão de Fomento em 1935, essa Estação Experimental passou para o Instituto Agrônômico, sendo criada uma Seção de Cana-de-açúcar, também aí sediada. Em 1941, a Seção de Cana-de-açúcar foi transferida para a sede do Instituto Agrônômico, em Campinas.

Dos primeiros trabalhos de Aguirre, foram obtidas as seguintes variedades: IAC 34-373, IAC 34-536 e IAC 34-553. Essas variedades não chegaram a ser cultivadas comercialmente, em virtude das ótimas qualidades da Co 290, que chegou a ocupar, em 1945, mais de 80% da área plantada com cana no Estado de São Paulo.

A partir de 1947, os trabalhos de cruzamentos passaram a ser feitos como rotina na Estação Experimental de Ubatuba, litoral norte de São Paulo, onde o IAC mantém uma coleção de variedades para esse fim, com cerca de mil exemplares. Quando há interesse em importar variedades que possam ser promissoras ao programa, é feita uma quarentena na Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, MG, em convênio com a Copersucar.

As sementes obtidas por cruzamentos em Ubatuba são germinadas em Campinas, e os *seedlings* delas obtidos são enviados às Estações Experimentais de Jaú, Piracicaba e Ribeirão Preto, onde são iniciados no processo de seleção. A partir de 1975, o IAC formalizou um convênio com a Copersucar e tem disponibilizado o uso da Estação Experimental de Camamu, BA, para os trabalhos de obtenção de sementes para o seu programa de melhoramento. Atualmente, os *seedlings* têm sido enviados também às Estações Experimentais de Adamantina, Assis, Mococa e Pindorama (todas no Estado de São Paulo), realizando-se, nesses locais, as suas primeiras seleções. Com esse esquema, o Instituto Agrônômico de Campinas espera obter variedades em apenas 7 anos de pesquisa, contrastando com outros programas de países estrangeiros que chegam a durar até 19 anos.

Os clones mais promissores entram em experimentos regionais, e os aprovados nesses testes são considerados variedades, recebendo a sigla IAC seguida de dois números que indicam o ano de cruzamento; uma barra e a identificação da variedade. A partir de 1978, a barra foi substituída por um traço.

O IAC obteve variedades de grande importância para a região canaveira do Estado de São Paulo, tais como: IAC 48-65, IAC 49-131, IAC 50-134, IAC 51-205 e IAC 52-150.

## Programa do Instituto de Genética

O começo desse programa deu-se na histórica terceira reunião do Conselho Científico do Instituto de Genética, no dia 3 de janeiro de 1959, no prédio da Seção de Genética da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Por proposta do Diretor do Instituto de Genética, F.G. Brieger, foi aprovado um convite formal a George O'Neill Addison, do Ministério da Agricultura, para, mediante comissionamento em regime de tempo integral, chefiar o Setor de Melhoramento da Cana-de-açúcar, desse Instituto. Cinco meses depois, Addison participava de reuniões daquele mesmo Conselho como responsável do Setor de Melhoramento do referido Instituto.

Em 6 de outubro de 1960, na 14ª reunião do Conselho Científico, Brieger externava o interesse de atrair estagiários para o grupo de assistentes, anunciando a possibilidade de convidar Roberto Cesnik para ocupar o cargo de assistente do Setor de Melhoramento da Cana-de-açúcar, o que se concretizou a 12 de dezembro de 1960 em reunião ainda desse mesmo Conselho. Ao seu processo de nº 122/59/IG, de bolsista do Setor de Citogenética, juntou-se o seu contrato como assistente do Setor de Melhoramento da Cana-de-açúcar do Instituto de Genética da Universidade de São Paulo, recebendo das mãos George Addison a responsabilidade da continuidade dos trabalhos de melhoramento da cana-de-açúcar desse Instituto, uma vez que Addison passou a se dedicar exclusivamente ao melhoramento de outras gramíneas.

Ao encerrar o ano de 1960, já haviam sido germinados 827 *seedlings* dos seguintes cruzamentos de polinização livre: CB 38-22, CB 40-69, Co 290, Co 331 e POJ 2878. Essas sementes foram enviadas por Frederico de Menezes Veiga, chefe da Estação Experimental de Campos, pertencente ao então Ministério da Agricultura. Em 1961, Veiga enviou ao Instituto de Genética outras sementes de cujos cruzamentos não existem registros, mas que resultaram em 200 *seedlings* germinados.

Em 1962, 61 clones faziam parte do primeiro estágio de seleção e 423 se encontravam no segundo estágio. Nesse mesmo ano, Cesnik obtinha, pela primeira vez em Piracicaba, sementes verdadeiras de cana-de-açúcar cruzando-as pelo processo de *melting pot*. Desse *melting pot* foram obtidos 257 *seedlings* assim distribuídos: CB 38-30, 02; CB40-69, 225; CB 41-16, 06; CB 41-70, 20 e Co 419, 04. Ainda no ano de 1962, alguns clones da série 60 foram numerados da seguinte maneira: IG 60-, com o seguinte significado: IG = Instituto de Genética da Universidade de São Paulo, Brasil; 60 é o ano do cruzamento do clone e o número que segue o do ano, é o número do clone. Esta sigla nunca foi comunicada ao Germ Plasm Committee of International Society of Sugar Cane Technologists. Alguns desses clones foram levados do Instituto de Genética para a Usina Porto Feliz, por Jorge Alberto Montoya Gómez, que os plantou por vários anos naquela usina de açúcar e álcool.

Em 4 de fevereiro de 1960, foi firmado um convênio entre o Instituto de Genética da Universidade de São Paulo, de Piracicaba, SP, e a Cooperativa dos Usineiros do Oeste do Estado de São Paulo – Copereste –, de Ribeirão Preto, SP, nos seguintes termos:

A Cooperativa dos Usineiros do Oeste do Estado de São Paulo Ltda., representada pelo seu Presidente, Sr. Baudilio Biagi e o Instituto de Genética da Universidade de São Paulo em Piracicaba, representado pelo seu Diretor, Prof. Friedrich Gustav Brieger, reuniram-se no dia 04 de fevereiro de 1960, na sede da primeira e na presença dos Engenheiros Agrônomos, Fraz Oscar Brieger e George O'Neill Addison. Discutiram a organização de um trabalho em colaboração, visando o melhoramento da cana-de-açúcar na zona açucareira de Ribeirão Preto, ficando estabelecido o seguinte:

- 1) O Instituto de Genética fornecerá sementes, *seedlings* e estacas provenientes de seu campo experimental, da Estação Experimental de Campos, no Rio de Janeiro, ou de outra fonte, para serem cultivados nos terrenos das Usinas Associadas da Cooperativa e além disso, orientará os trabalhos técnicos de seleção;

- 2) A Cooperativa reservará a área necessária a ser utilizada neste trabalho, bem como fornecerá os materiais necessários e a mão-de-obra, para a execução do mesmo;

- 3) Ficam incumbidos os dois técnicos supra citados, Franz O. Brieger e George O'Neill Addison, para elaborarem os planos

experimentais, que serão submetidos à apreciação do Sr. Presidente da Cooperativa e do Diretor do Instituto de Genética;

4) O futuro aproveitamento comercial das variedades novas, eventualmente obtidas, será resolvido oportunamente, devendo sempre ser dada preferência à Cooperativa sobre qualquer outro interessado.

Este acordo preliminar será substituído por um Convênio Formal, quando se fizer necessário.

Assinados: Baudilio Biagi e Prof. Friedrich Gustav Brieger

Cientes: Franz O. Brieger e George O'Neill Addison.

Em 13 de dezembro de 1961, o Instituto de Genética renovou o contrato de Roberto Cesnik, vazado nos seguintes termos: *“O Senhor Diretor leva ao conhecimento do Conselho Científico que o contrato do Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Roberto Cesnik terminará no dia 14.12.61. Considerando que o mencionado Assistente tem desempenhado a contento as suas funções e demonstrando estar a altura do cargo que ocupa, o Dr. Brieger submete a renovação do contrato ao Conselho Científico, lembrando todavia que o assunto já foi aprovado pelo Conselho Administrativo em sua reunião de 11.12.1961. O Conselho Científico aprovou por unanimidade”.*

Em dezembro de 1960, Franz O. Brieger e George O'Neill Addison plantaram em casa de vegetação do Instituto de Genética as seguintes variedades provenientes da Estação Experimental de Campos: B 37-161, B 40-98, B 40-105, CB 41-76, CB 45-155, CB 55-6, CB 55-16, CB 55-18, CB 55-21, CB 55-23, CB 55-27, CB 55-43, CB 55-46, CB 55-49, CB 55-60, CB 55-64, CB 55-65, CB 55-72, CB 55-81, CB 55-82, CB 55-83, CB 55-92, CB 55-93, CB 55-96, CB 55-99, CB 55-102, CB 55-103, CB 55-104, CB 55-111, CB 56-3, CB 56-20, CB 56-22, CB 56-24, CB 56-28, CB 56-30, CB 56-34, CB 56-37, CB 56-43, CB 56-49, CB 56-79, CB 56-82, CB 56-92, CB 56-96, CB 56-106, CB 56-III, CB 56-121, CB 56-126, CB 56-129, CB 56-147, CB 56-149, CB 56-155, CB 56-156, CB 56-161, CB 56-162, CB 56-164, CB 56-165, CB 56-171, CB 56-175, CB 56-178, CB 56-184, Co 331 e Co 449.

Em julho de 1961, também provenientes da Estação Experimental de Campos, Franz O. Brieger e Roberto Cesnik plantaram, na mesma casa de vegetação, as seguintes variedades:

CB 41-15, CB 55-19, CB 55-68, CB 55-85, CB 55-86, CB 56-83, CB 56-85, CB 56-86, CB 56-118, CB 56-120, Co 331 e POJ 2878.

Em 19 de novembro de 1962, Roberto Cesnik plantou em casa de vegetação as seguintes variedades recebidas de I.E. Stokes, do Sugarcane & Sweet Sorghum Investigations, de Beltsville, Maryland, USA: CP 43-64, CP 44-155, CP 48-103, CP 50-28, CP 50-61, CP 51-21, CP 52-1, CP 52-68, CP 53-18, CP 55-30, CP 56-8 e CP 59-22.

Em agosto de 1962, o Instituto de Genética manteve contatos com o Sugarcane Breeding Institute, de Coimbatore, na Índia, a fim de importar algumas variedades e, em fevereiro de 1963, Roberto Cesnik plantava em casa de vegetação daquela Instituição as seguintes variedades: Co 678, Co 740, Co 775, Co 798 e Co 853. Tanto as Cos como as CPs foram quarentenadas no Instituto de Genética, para depois serem distribuídas aos interessados.

Em março de 1964, o Instituto de Genética cederia material de Coimbatore a Sérgio Bicudo Paranhos, chefe da Estação Experimental de Cana "José Viziolli", do Instituto Agrônomo de Campinas, em Piracicaba. Em maio desse mesmo ano, Frederico de Menezes Veiga recebia uma duplicata dessas mesmas variedades, na Estação Experimental de Campos; Franz O. Brieger a recebia nos campos experimentais da Copereste, em Dumont, SP, e Álvaro de Andrade Lemos também a recebia, na Usina Central Paraná, em Porecatu, PR.

Já em março de 1965, as variedades recebidas de Coimbatore em 1963 encontravam-se nas mãos do fitopatologista Spencer Corrêa de Arruda, na Fazenda Mato Dentro, do Instituto Biológico de São Paulo, em Campinas, SP, para os devidos testes de carvão.

Em 1961, o Instituto de Genética, por intermédio de Roberto Cesnik, enviou um plano de melhoramento da cana-de-açúcar ao Instituto do Açúcar e do Alcool ao qual nunca teve resposta. Nesse plano, havia uma solicitação global de Cr\$ 2.960.000,00 assim distribuída: material permanente, Cr\$ 960.000,00; material de consumo, Cr\$ 500.000,00; contratação de um auxiliar de campo e outro de laboratório, Cr\$ 1.500.000,00. Na época, o único operário de campo era João Adame, funcionário do Instituto de Genética e que permanentemente atendia as necessidades desse setor. Os campos conservavam-se limpos pela concessão do plantio de

feijão nas entrelinhas de cana. Esse procedimento teve duas intenções: uma de se introduzir uma cultura de subsistência consorciada a uma grande cultura; outra, de evitar competição entre plantas invasoras e a cultura da cana-de-açúcar. Essa concessão, entretanto, era para ser cumprida aos sábados, domingos e feriados ou mesmo após o expediente normal de trabalho, pois a colheita do feijão pertencia aos operários, em troca de serviço. Foram coletadas sementes em campos comerciais das seguintes variedades:

- Em Piracicaba: CB 36-14, CB 38-30, CB 40-19, CB 40-69, CB 41-58, CB 41-70 e Co 421.
- Em Ribeirão Preto: CB 36-14, CB 38-22, CB 40-7, CB 40-35, CB 40-69, CB 40-77, CB 41-70, CB 45-6, CB 46-16, CB 46-47, CB 47-15, Co 290, Co 413, Co 419, Co 421 e CP 34-120.

Todas as sementes, assim colhidas em culturas comerciais, não germinaram.

Em 1961, Roberto Cesnik irradiou sementes de cana-de-açúcar em um aparelho de radiação gama instalado no Primeiro Congresso Interamericano de Radiologia, que se realizava na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Um primeiro experimento com 2 g de sementes não deslindadas para cada parcela com 3 repetições, das variedades CB 38-22, CB 38-30 e Co 419, colhidas de cruzamento livre em uma coleção de variedades, em Piracicaba, foram colocadas em saquinhos de papel branco, fosco e parafinado, recebendo as seguintes dosagens, em Roenting: zero (testemunha), 5.000, 10.000 e 15.000. Um segundo experimento, com sementes colhidas em condições idênticas ao primeiro, constituído pelas variedades CB 40-69, CB 41-70, CB 46-47 e uma CP não identificada corretamente, receberam as seguintes dosagens, em Roenting: zero (testemunha), 1.000, 3.000, 6.000 e 12.000. O baixo poder de germinação verificado em todas as parcelas invalidou os resultados.

No plantio de 1962, foi instalado, na área destinada ao Instituto de Genética, o primeiro campo de competição de variedades, em delineamento de Blocos ao Acaso, com 3 repetições, contendo as seguintes variedades: CB 41-76, CB 55-6, CB 55-49, CB 55-60, CB 56-34, CB 56-126, Co 419, Co 421 e IG 60-61. Desse experimento, infelizmente, não foram encontrados os registros dos resultados.

## Esquema de seleção para o melhoramento genético do Instituto de Genética

O esquema de seleção para o melhoramento genético da cana-de-açúcar, desenvolvido no Instituto de Genética da Universidade de São Paulo – USP – (Fig. 46), foi proposto, em 1961, por Roberto Cesnik.

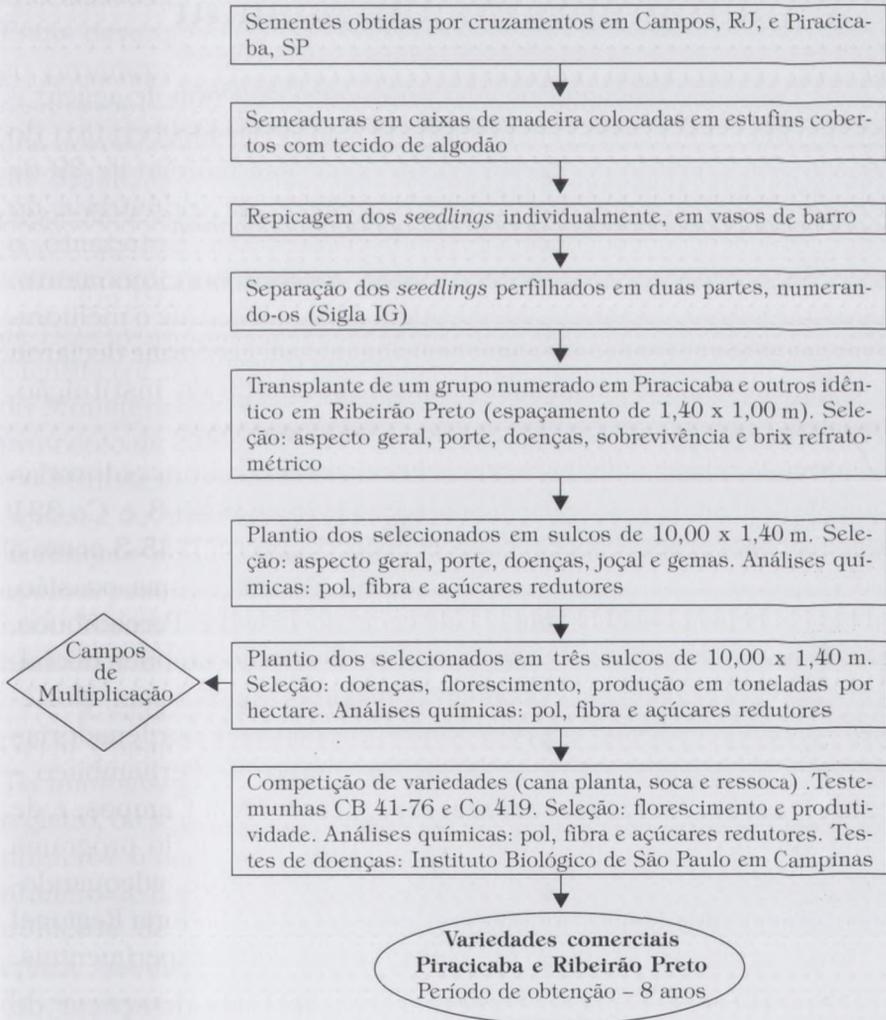


Fig. 46. Esquema de seleção do programa de melhoramento desenvolvido no Instituto de Genética da Universidade de São Paulo – USP –, Campus de Piracicaba.

Infelizmente, o Instituto de Genética encerrou as suas atividades de melhoramento genético da cana-de-açúcar com a saída de Cesnik dos seus quadros de pesquisa, em 1964. Porém, havia variedades IG, em 1972, sendo cultivadas comercialmente na Usina Porto Feliz e, em 1979, havia, na coleção de variedades da Estação Experimental da Copersucar, em Jaú, SP, a variedade IG 60-1.

## Programa do Planalsucar

O Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar – Planalsucar – foi criado por um ato do Conselho Deliberativo do Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA –, em sua reunião de 29 de julho de 1971, e homologado pelo Ministério da Indústria e do Comércio – MIC –, em 31 de agosto do mesmo ano. Entretanto, o ano de 1972 foi na realidade o início de seu funcionamento. A estrutura do seu programa foi montada de tal modo que o melhoramento genético constituísse a sua espinha dorsal, conforme declarou em diversas ocasiões o primeiro superintendente da instituição, Gilberto Miller Azzi.

Nessa época, mais ou menos 20 variedades eram cultivadas por todo o Brasil, e as variedades CB 41-76, CB 45-3 e Co 331 representavam cerca de 60% desse plantio. Tanto a CB 45-3 como a Co 331 são suscetíveis ao carvão-da-cana. Nessa mesma ocasião, São Paulo detinha 40% da área cultivada do Brasil e Pernambuco, 23%. Entretanto, o Planalsucar estruturou-se para atender inicialmente as duas regiões ecologicamente distintas, quais sejam, Norte-Nordeste e Centro-Sul, e assim foram criadas as Coordenadorias Regionais de Alagoas – Coone –, em Rio Largo; de Pernambuco – Conor –, em Recife; do Rio de Janeiro – Coest –, em Campos; e de São Paulo – Cosul –, em Araras. A Superintendência do programa ficou sediada na cidade de Piracicaba, SP. Mais tarde, adequando-se às novas realidades, foram sendo criadas a Coordenadoria Regional de Minas Gerais, em Ponte Nova, e diversas estações experimentais.

Em 1968, a Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Alagoas, subvencionada pela classe de usineiros daquele estado, iniciou a produção de *seedlings* de sementes coletadas de coleções de variedades. O mesmo acontecia com a Fazenda Santa Escolástica,

do IAA, em Araras, que iniciou a produção de *seedlings*, em 1970, a partir de sementes coletadas em campos de cana-de-açúcar da Bahia. Ambas organizações passaram a fazer parte do Planalsucar. Em 1972, foi organizada a Estação de Floração e Cruzamento de Serra do Ouro, em Murici, AL, que produziu sementes para todo o seu programa.

O Planalsucar propunha-se inicialmente a desenvolver pesquisas aplicadas como prioridade, e pesquisas básicas apenas eventualmente. Estas deveriam ser desenvolvidas pelas universidades e repassadas ao programa. A tradicional tecnologia já não produzia mais os resultados desejados pela agroindústria açucareira, e o IAA reconheceu que novos conceitos deveriam ser introduzidos na pesquisa canavieira do Brasil, como forma de manter os preços compatíveis com a capacidade aquisitiva do mercado interno, em condições de competir com o mercado externo.

Em 1972, o Planalsucar passou a fazer parte do Plano Nacional de Desenvolvimento, por meio do Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, do Sistema Setorial de Ciência e Tecnologia, do Ministério da Indústria e do Comércio. Foi assinado também um protocolo de intenções entre o Ministério da Indústria e do Comércio e o Ministério da Agricultura, com a interveniência do Instituto do Açúcar e do Alcool e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa –, objetivando a implementação de uma ação integrada de apoio à pesquisa da cana-de-açúcar no Brasil, por prazo indeterminado. Foram assinados, também, convênios com diversas instituições nacionais e internacionais.

A sigla RB (República Federativa do Brasil) foi registrada no Germ Plasm Committee of International Society of Sugar Cane Technologists e a sua nomeação deve ser feita de acordo com esse registro, ou seja, a sigla RB seguida de números, sendo os dois primeiros números o ano em que se procedeu ao cruzamento e os demais o número do clone, não havendo espaço nem traço entre as letras e os números, de acordo com as recomendações daquele comitê para a época. Assim, como exemplo tem-se RB705007: variedade RB; ano do cruzamento, 1970 e número do clone, 5007. As numerações dos clones foram feitas de acordo com a Coordenadoria Regional, que selecionou o clone. Assim, Coone tem as numerações de 1 a 2499; Conor, de 2500 a 4999; Cosul, de 5000 a 8999, e de 8000 a 8999

os clones numerados de seleções feitas na Estação Experimental de Bandeirantes, Município de Bandeirantes, PR, e Coest, de 9000 a 9999. Com esse procedimento, não houve duplicidade de numeração e foi identificada a unidade do Planalsucar que selecionou o clone, uma vez, que os cruzamentos foram feitos sempre, na sua totalidade, em Serra do Ouro.

## **Esquema de seleção do melhoramento genético do Planalsucar**

O esquema de seleção proposto pelo Planalsucar (Fig. 47) permitia obter uma variedade melhorada entre 9 e 12 anos após a germinação da semente, o que é relativamente curto em relação ao programa da Ilha Réunion, que se estende por 13 anos, ou das Ilhas Mauritius, que chega a durar 19 anos.

Os trabalhos de melhoramento da cana-de-açúcar realizados pelo Planalsucar encerraram-se com a extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool e foram retomados não mais nacionalmente, mas regionalmente por universidades que absorveram os seus técnicos e, com eles, os seus programas de melhoramento.

## **Melhoramento de canas forrageiras**

A cana-de-açúcar é empregada no Brasil e em outros países para o arraçoamento do gado leiteiro. Roberto Cesnik, apoiado no pressuposto de que o programa oficial brasileiro da cana-de-açúcar pudesse contribuir com essa atividade econômica, desenvolveu na Estação Experimental de Araras um programa inédito de melhoramento, com a finalidade de obter canas forrageiras a partir da seleção dos clones descartados em FT2 do programa oficial de obtenção de variedades para a indústria sucroalcooleira. Uma segunda seleção em material descartado foi feita, observando-se ausência de joçal, de folhas agressivas e de doenças aparentes; presença de palha agarrada e de brix refratométrico baixo, variando entre 8% e 12%. O material assim selecionado passava pelo esquema de seleção verificado na Fig. 48.

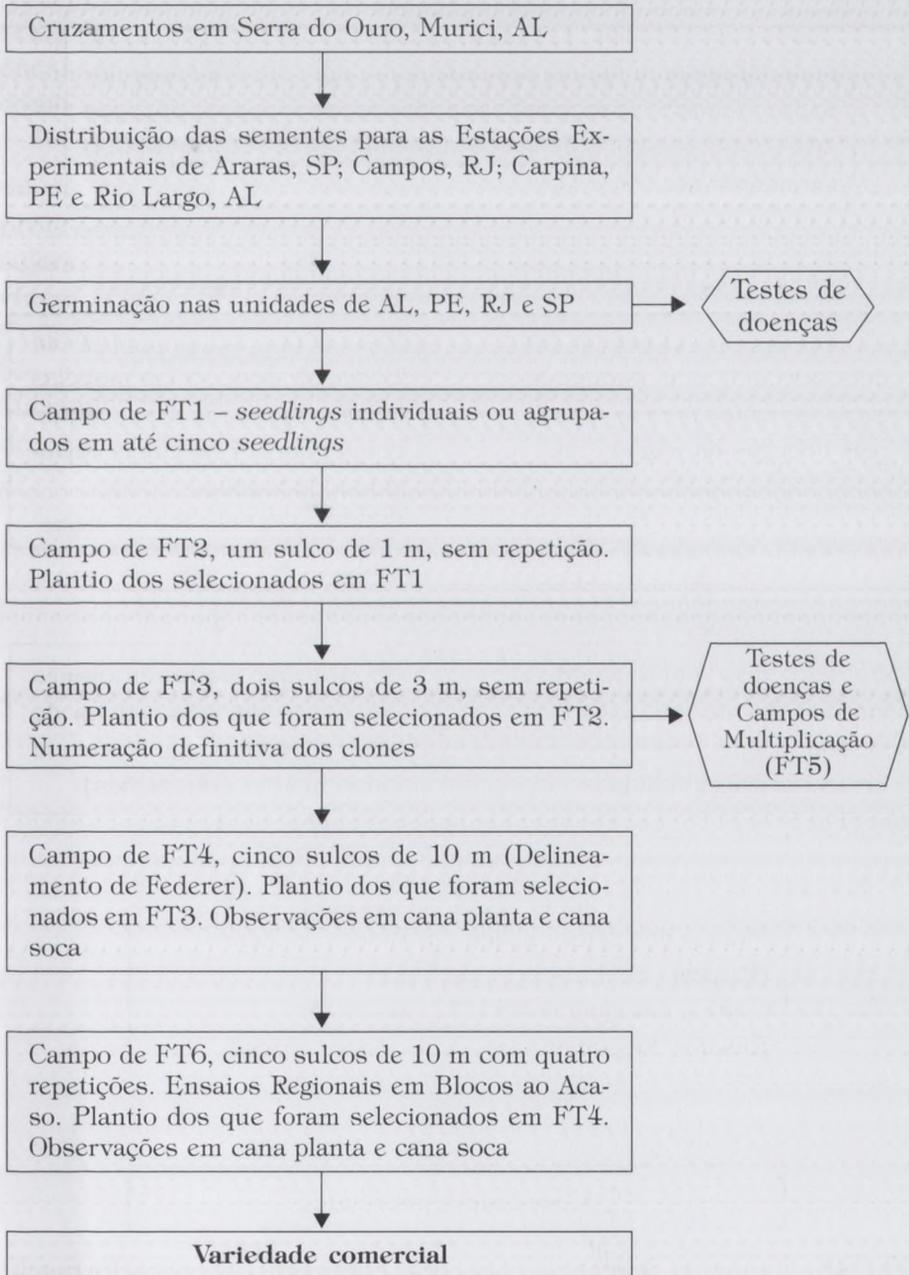
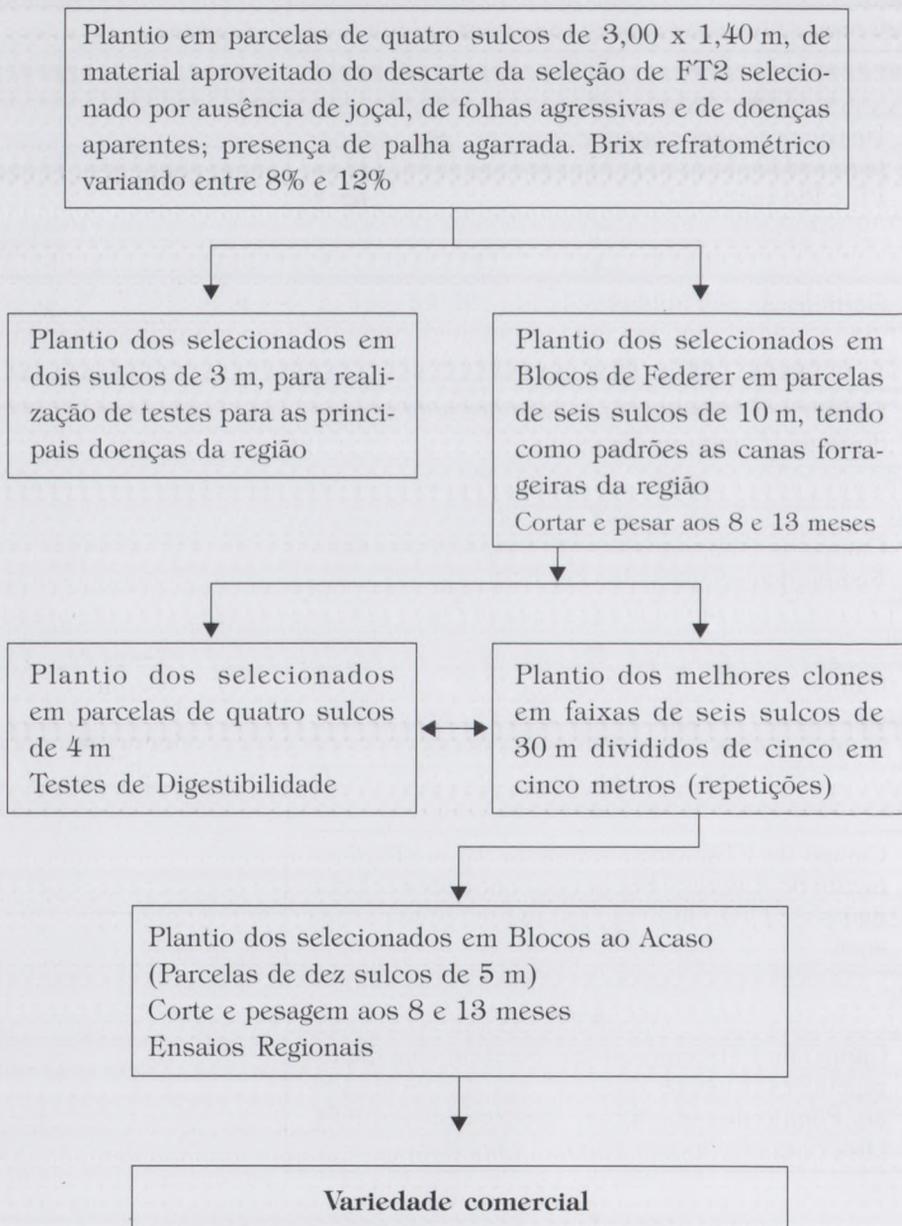


Fig. 47. Esquema de seleção do Programa de Melhoramento Genético do Planalsucar.



**Fig. 48.** Esquema de seleção para o melhoramento de canas forrageiras, com aproveitamento do descarte de clones de um programa normal de melhoramento para o açúcar.

O gado necessita de folha verde com baixo teor de açúcar. A seleção deve ser feita como uma seleção negativa para o açúcar, encarando-a mais como um capim enriquecido do que realmente como uma cana-de-açúcar.

As Tabelas 21 e 22 registram alguns valores de pol de clones ou mesmo de variedades lançadas recentemente, pelos principais programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar, quais sejam: Copersucar (sigla SP), Instituto Agrônomo, em Campinas, vinculado à Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo e à Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária do Governo do Estado de São Paulo (sigla IAC) e da Universidade Federal de São Carlos, sucessora do Planalsucar (sigla RB), ainda desconhecidos da maioria dos interessados nos mesmos.

**Tabela 21.** Valores médios de pol na cana de clones e de variedades IAC e SP amostrados entre os anos de 1994 e 1997, na Usina Santa Fé, AL.

Clones Variedade	Pol na cana													
	Abril			Maio			Junho			Julho				
	1997	1994	1995	1996	1997	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
IAC 82-2045	11,47		12,68	10,98	12,52		14,98	14,69		16,48				13,06
IAC 820-3092	10,86		11,92	9,73	11,36		12,92	12,38						14,28
IAC 83-3894	10,06		10,23	10,22	12,39		13,46	12,98						14,35
IAC 83-4157	11,78		12,59	10,28	13,22		14,15	13,74						15,63
IAC 84-3031	11,51		9,68	11,66	12,22		13,64	14,76						13,44
SP 79-1011	11,73	11,14	20,55	12,08	11,17	13,87	12,76	14,63	14,89	15,84	14,89	14,89	15,84	13,44
SP 79-2233	13,20	11,09	12,90	13,21	14,62	12,28	12,79	14,26	14,36	15,06	14,36	14,36	15,06	
SP 80-1816			9,78	12,59			13,44	14,69						
SP 80-1842	13,64	12,82	12,25	10,29	14,46	14,03	14,11	13,38	13,87	12,87	13,87	13,87	14,04	13,19
SP 81-3250	13,07		11,07	13,41	13,47		12,99	14,94						15,15
SP 82-3530			12,23	13,13			14,56	14,89						15,26
SP 83-5145	12,66		12,90	9,81	12,79		13,81	12,41						14,55
SP 83-5546	10,02		9,66	10,55	11,13		10,14	12,68						14,07
SP 84-5560	13,54			13,57	12,61			13,18						15,73
SP 85-1625	10,00		12,64	10,90	12,00		13,81	14,12						16,62
SP 85-3877	12,43			13,76	12,90			16,24						14,92
SP 85-5077	8,47			12,68	9,62			13,48						14,73
SP 85-5088	8,44		11,37	10,15	12,12		13,42	13,39						

Continua...

Tabela 21. Continuação.

Clones Variedade	Pol na cana											
	Agosto			Setembro			Outubro			Novembro		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
IAC 82-2045		16,96	15,70		18,32	14,21						19,09
IAC 820-3092												
IAC 83-3894		18,05			19,89			20,82				19,09
IAC 83-4157												
IAC 84-3031		15,18			16,84			17,22				20,71
SP 79-1011	14,51	16,89	16,22	16,12	17,83	16,50	16,84	17,18	15,08	16,38	15,93	
SP 79-2233	15,30	17,21	16,31	17,81	17,51	15,26	17,08	17,38	14,72	17,27	15,83	15,33
SP 80-1816		15,89	16,72		15,51	16,47		15,89	14,94		15,78	14,14
SP 80-1842	13,88	17,04	15,88	16,80	15,75	15,51	18,40	16,81	14,96	16,85	15,49	16,23
SP 81-3250		15,19	15,69		15,04	16,17			16,08			14,32
SP 82-3530		16,27	15,33		17,07	15,30		16,93	14,78		15,14	
SP 83-5145		14,37	13,91		16,08	14,15		18,99	14,20			14,11
SP 83-5546			14,34			15,22			16,05			14,47
SP 84-5560			15,98			14,42			14,78			14,74
SP 85-1625		17,26	16,68		17,37	15,38		16,78	16,46			15,45
SP 85-3877			16,05			16,25			15,97			14,49
SP 85-5077			14,80			15,34			13,77			12,97
SP 85-5088		15,68	16,17		17,09	15,45		17,26	15,93		14,83	13,44

**Tabela 22.** Valores médios de pol na cana de clones e de variedades RB amostrados entre os anos de 1994 e 1997, na Usina Santa Fé, AL.

Clones	Maio			Junho			Julho			
	1994	1995	1996	1997	1994	1995	1996	1994	1995	1996
RB72454	11,03	11,19	12,31	11,74	14,12	12,38	14,29	14,94	13,93	13,25
RB806043	12,61	10,32	10,57	11,37	13,24	12,97	12,81	13,95	13,82	14,03
RB835054	12,45	12,12	10,90	13,73	12,82	14,87	12,10	14,60	15,45	
RB835089	11,72	10,81	12,19	12,54	13,79	10,95	15,77	14,76	15,22	14,85
RB835486	13,61	12,44	11,71	13,74	15,44	13,94	12,98	16,89	15,26	14,92
RB845254	11,11	10,15	11,04	14,30	13,60	11,84	15,17	15,77	15,60	14,61
RB845257	11,66	10,63	10,28	14,70	13,29	12,05	12,84	16,12	14,83	13,59
RB845459	13,63	11,71	12,01	14,53	13,68	13,93	14,05	15,21	15,28	14,08
RB855035	12,40	12,04	12,69	12,84	13,90	13,17	14,12	14,85	15,94	15,54
RB855113	11,81	10,85	10,75	12,22	13,16	11,44	13,02	13,16	14,08	12,41
RB855156	14,30	12,46	13,42	13,75	15,74	15,00	15,21	16,23	13,89	15,38
RB855453	13,04	13,36	12,66	13,39	14,18	14,47	14,83	15,99	15,35	16,19
RB855536	11,88	09,89	10,09	13,82	12,73	12,13	13,23	14,06	12,85	13,17
RB855598	14,29	13,31	13,80	15,86	14,27	12,78	14,95	16,50	15,30	16,03

Continua...

Tabela 22. Continuação.

Clones	Agosto			Setembro			Outubro			Novembro		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Varietades	14,22	16,69	14,63	17,28	16,60	15,58	16,83	16,59	14,72	17,07	16,02	15,32
RB72454	12,38	14,01	14,92	16,65	14,44	13,97	16,06	17,27	12,98	16,26	15,29	14,17
RB806043	14,24	15,45	16,44	17,14	15,60	16,29	16,72	15,90	16,01	17,47	15,98	14,64
RB835054	12,96	16,08	14,93	16,31	16,63	14,63	14,73	17,08	14,20	14,05	15,00	14,72
RB835089	13,87	15,95	15,01	18,16	17,01	15,69	17,59	19,34	15,84	17,42	19,60	15,06
RB835486	14,67	17,03	16,54	16,85	16,61	17,13	16,74	17,26	16,65	17,47	17,80	14,01
RB845254	14,65	15,63	15,26	16,91	17,74	13,57	17,19	17,43	15,14	15,82	16,25	14,02
RB845257	14,06	16,42	15,68	18,14	17,84	14,92	16,67	16,00	14,19	15,07	15,47	14,80
RB845459	14,69	16,50	16,19	16,03	16,66	15,20	16,26	16,63	15,59	14,85	15,95	14,79
RB855035	13,90	14,64	14,88	16,79	17,07	14,78	16,82	16,90	14,62	16,70	15,59	14,07
RB855113	14,52	17,04	15,77	17,24	16,68	15,59	15,55	16,14	16,14	16,47	16,57	13,98
RB855156	15,68	16,75	16,22	16,02	16,52	14,61	16,51	17,35	14,37	16,26	15,63	13,54
RB855453	14,00	12,96	15,61	17,05	13,42	16,24	18,41	14,93	15,60	17,13	16,37	11,82
RB855536	14,80	16,85	17,42	18,21	17,15	14,28	17,96	16,45	14,59	17,15	16,00	13,88
RB855598												



# Referências

- ALEXANDER, A. G. **Sugar cane physiology: a comprehensive study of the *Saccharum* sourcetosing system.** Amsterdam: Elsevier, 1973. 751 p.
- ALEXANDER, M. P. Formation of half spindle and subsequent production of diploid gametes in *Saccharum*. **Sugarcane Breeding Newsletter**, local, v. 23, p. 17-18, 1969
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas.** São Paulo: E. Blücher, 1971. 381 p.
- ALVAREZ, F. G. Principales variedades de caña de azúcar. **Boletín de la Estación Experimental de Caña Azúcar de Occidente**, Yaritagua, v. 50, p. 452-61, 1954.
- AMAYA, A. **Characterization of lodging in sugar.** Cali: Cenicana, 1995. 171 p.
- ANDO, A. **Melhoramento de plantas por indução de mutação: passado, presente e futuro do melhoramento de plantas por mutação.** Piracicaba: USP-CENA, 1978. 11 p.
- ARCENEUX, G. Flowering of sugarcane in relation to latitude. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 33, p. 25-26, 1974.
- BARNES, A. C. **Agriculture of the sugar-cane.** London: L. Hill, 1953. 329 p.
- BATCHA, M. B. G. R.; PALANICHAMY, K. Studies on the inheritance of ligular process in the interespecific cross *S. officinarum* (Var. Green sports) X *S. spontaneum* (CBE). In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 227-231.
- BÍBLIA sagrada. 70. ed. São Paulo: Ave Maria, 1989. p. 997, 1043.
- BORDEN, R. J. Juice quality affected by lodging. **Hawaii Planters' Record**, Aiea, v. 46, p. 39-42, 1942.

- BRANDES, E. W.; SARTORIS, G. B.; GRASSL, C. O. Assembling and evaluating wild forms of sugarcane and closely related plants. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 6., 1938, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1938. p. 128-153.
- BREAUX, R. D. **Selection for erectness**. New Orleans: Marchand, 1971. p. 286-296.
- BREMER, G. Problems in breeding and cytology of sugar cane. **Euphytica**, Wageningen, v. 10, p.59-78, 1961a.
- BREMER, G. Problems in breeding and cytology of sugarcane – II: the sugarcane breeding from a cytological viewpoint. **Euphytica**, Wageningen, v. 10, p. 121-158, 1961b.
- BRIEGER, F. G. **Curso de estatística analítica**: parte I. Piracicaba: Esalq, 1955. 109 p.
- BURR, G. O. The flowering of sugar cane. **Proceedings of the Hawaiian Sugar Technologists**, Honolulu, v. 9, p. 47-49, 1950.
- CALVINO, E. M. de. Estudios anatómicos y fisiológicos sobre la caña de azúcar en Cuba. **Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural Felipe Poey**, Havana, p. 156-211, 1923.
- CALVINO, E. M. de. The Jeswiet method for the identification of sugarcane varieties. **International Sugar Journal**, Bucks, v. 27, p. 22-24, 1925.
- CESNIK, R. **Estudo da herdabilidade de alguns caracteres em cana-de-açúcar**. 1972. 50 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1972.
- CESNIK, R. O método do manejo no melhoramento da cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.45, p. 48-51, 1970.
- CESNIK, R. **Problemas do melhoramento da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Esalq, 1962. 5 p.
- CESNIK, R. Seleção precoce em cana-de-açúcar: nota prévia. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 44, p. 139-142, 1969.

- CESNIK, R. **Setor de melhoramento da cana-de-açúcar**: plano de trabalho. Piracicaba: Esalq, 1961. 3 p. Relatório interno.
- CESNIK, R.; OLIVEIRA, F. F. S.; NOGUEIRA, M. C. S. Substratos para repicagem de plântulas de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 4, p. 11-16, 1977.
- CESNIK, R.; RUSCHEL, R.; MONTEIRO, H. S.; PIMENTA, T. G.; HOFFMAN, H. P.; VIEIRA, M.A.S. Identificação morfológica da cana-de-açúcar. **Anais da STAB**, Piracicaba, v. 1, p. 103-109, 1979.
- CHARMOY, A. de. Génétique et sélection. In: LA CANNA a sucre. Paris: Maisonneuve & Larose, 1970. p. 27-50.
- CLEMENTS, H. F. Factors affecting the germination of sugar cane. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 44, p. 117-146, 1949.
- CLEMENTS, H. F. Quality in sugar production-field aspects. **Proceedings of the Hawaiian Sugar Technologists**, Aiea, v. 18, p. 17-24, 1959.
- COCKING, E. C. Plant cell protoplasts isolation development. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 23, p. 29-50, 1972.
- COLEMAN, R. E. **New plants produced from callus tissue culture**. Washington: United States Department, 1970. 38 p. (Sugarcane Research Report).
- CORRÊA, P. M. **Dicionário das plantas do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1926. v.1, cap. 13.
- COSTA, C. Primeiras canas e primeiros açúcares no Brasil. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 160-168, 1958.
- DANIELS, J.; SMITH, P.; PATON, N.; ROACH, B. The  $2n=80$  *S. spontaneum* and the origin of sugarcane. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 35, p. 19-20, 1975a.
- DANIELS, J.; SMITH, P.; PATON, N. The origin of sugarcane and centers of genetic diversity in *Saccharum*. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 35, p. 4-18, 1975b.

DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

DIVINAGRACIA, N. S.; RAMIREZ, D. A. The morphology and cytology of *Saccharum officinarum* L. indigenous to the Philippines. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 211-225.

DOBZHANSKY, T. Mendelian populations and their evolution. In: GENETICS in the 20th century. New York: Macmillan, 1951. p. 373-389.

DOROSAMI, L. S.; VENKOBA, B. Effect of X-ray irradiation on sugarcane. In: INDIAN SCIENTISTS ASSOCIATION CONGRESS, 33., 1947. **Proceedings...** New Delhi: Indian Scientists Association, 1947. p. 111.

EVANS, H. Studies in the mineral nutrition of sugar cane in British Guiana - II: the mineral status of sugar cane as revealed by foliar. **Tropical Agriculture**, London, v. 32, p. 295, 1955.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. London: Ronald, 1960. 365 p.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La canne a sucre**. Paris: Maisonneuve, 1970. 468 p.

FEDERER, W. T. A method for evaluating genetic progress in a sugar cane breeding program. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 55, p. 177-189, 1956.

FERNANDES, J. A curiosa história da variedade NA 56. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 2, n. 6, p. 18-19, 1983.

FISHER, R. A.; YATES, F. **Statistical tables for biological agricultural and medical research**. 2nd ed. London: Oliver and Boyd, 1943. p. 59.

GARD, K. R. The aims of the sugarcane breeding programme at Macknade, Queensland, with special reference to sugar content, vigour and disease resistance. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF

SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 8., 1953, British West Indies. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1953. p. 426.

GRANDE, J. C. P. **O assúcar**. Belo Horizonte: Secretaria de Agricultura de Minas Gerais, 1933. 19 p.

GRASSL, C. O. Problems and potentialities of intergeneric hybridization in a sugar cane breeding program. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 447-455.

HALAIS, P. **Influence of meteorological fluctuations on sugar: production 1955-1964: annual report**. Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1964. p. 86-94.

HANSON, W. D. Heritability. In: HANSON, W. D.; ROBINSON, H. F. **Statistical genetics and plant breeding**. Washington: National Academy of Sciences; National Research Council, 1963. p. 125-140.

HARTT, C. E. Water and cane ripening. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 38, p. 193-205, 1934.

HEINZ, D. J. **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 215-216.

HOFFMAN, H. P.; RUSCHEL, R.; PIMENTA, T. G.; CESNIK, R.; VIEIRA, M. A. S.; MARCOS FILHO, J. Eficiência da limpeza de sementes de cana-de-açúcar pelo uso do insuflador. **Anais da STAB**, Piracicaba, v. 1, p. 141-143, 1979.

HUMBERT, R. P. **The growing of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779 p.

HUTCHINSON, P. B.; DANIELS, J. A rating scale for sugarcane characteristics. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 128-131.

JAGATHESAN, D. Cytogenetics of sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 303-316.

JAMES, N. I. Graduated delay of flowering in sugarcane with 11.5 hour dark periods. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taiwan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 984-991.

JULIEN, M. H. R. Physiology of flowering in *Saccharum* - I: daylength control of floral initiation and development in *S. spontaneum*. **International Journal of Experimental Botany**, New York, v. 24, p. 549-557, 1973.

KRISHNAMURTHI, M.; TLASKAL, J. Fiji disease resistant *Saccharum officinarum* var. Pindar sub-clones from tissue cultures. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p. 130-137.

LEE, T. S. G. Produção industrial de mudas de cana-de-açúcar: uma nova abordagem. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 12-16, 1991.

LIPPMANN, E. O. von. **História do açúcar**. Tradução de Rodolfo Coutinho. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Álcool, 1942. t. 2, pt. 10, p. 12-31.

LIU, M. C.; CHEN, W. H. Histological studies on the origin and process of plantlet differentiation in sugarcane callus mass. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p.118-129.

MacMARTIN, A. The role of the Portuguese in the early establishment of cane sugar industries. **Agronomia Moçambicana**, Lourenço Marques, v. 5, p. 211-218, 1971.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **La nutrición mineral de algunas cosechas tropicales**. Berna: Instituto Internacional da Potassa, 1964. 163 p.

MANGELSDORF, A. J. **Um programa de melhoramento da cana-de-açúcar para a agroindústria canavieira do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1967. 63 p.

MARETZKI, A.; NICKELL, L. G. Formation of protoplasts from sugarcane cell suspension and the regeneration of cell cultures from protoplasts. **Colloques Internationaux du Centre Nationale de la Recherche Scientifique**, Paris, v. 212, p. 51-63, 1973.

MESA, J. M. A.; MILANÉS, N.; BALANCE, M. C. Efficiency of the combined selective index in individual selection in sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 22., Cartagena. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1995. p. 279-281.

MIOCQUE, J. Y. J. Aumento de produtividade das usinas de açúcar. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 7, n. 8, p. 4-7, 1968.

MIOCQUE, J. Y. J. Comportamento da cana-de-açúcar em terras inundáveis. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 5, n. 13, p. 5-7, 1966.

MIOCQUE, J. Y. J. Considerações sobre a atual metodologia de seleção de novas variedades. **Stab**, Piracicaba, v. 15, n. 6, p. 10-11, 1997.

MIOCQUE, J. Y. J. Maturação da cana-de-açúcar. **Sugar y Azúcar do Brasil**, New York, v. 2, n. 4, p. 11-15, 1980.

MIOCQUE, J. Y. J.; ROSSI, G. **Relatório da primeira reunião de genética de cana-de-açúcar, Tucumã, Argentina**. Piracicaba: Copersucar, 1977. 5 p.

MIOCQUE, J. Y. J.; NAGUMO, M.; OLIVEIRA, J. A. de. Purificação da água para a solução nutritiva dos cruzamentos de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 92, p. 25-31, 1978.

- BRANDES, E. W.; SARTORIS, G. B.; GRASSL, C. O. Assembling and evaluating wild forms of sugarcane and closely related plants. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 6., 1938, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1938. p. 128-153.
- BREAUX, R. D. **Selection for erectness**. New Orleans: Marchand, 1971. p. 286-296.
- BREMER, G. Problems in breeding and cytology of sugar cane. **Euphytica**, Wageningen, v. 10, p.59-78, 1961a.
- BREMER, G. Problems in breeding and cytology of sugarcane – II: the sugarcane breeding from a cytological viewpoint. **Euphytica**, Wageningen, v. 10, p. 121-158, 1961b.
- BRIEGER, F. G. **Curso de estatística analítica**: parte I. Piracicaba: Esalq, 1955. 109 p.
- BURR, G. O. The flowering of sugar cane. **Proceedings of the Hawaiian Sugar Technologists**, Honolulu, v. 9, p. 47-49, 1950.
- CALVINO, E. M. de. Estudios anatómicos y fisiológicos sobre la caña de azúcar en Cuba. **Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural Felipe Poey**, Havana, p. 156-211, 1923.
- CALVINO, E. M. de. The Jeswiet method for the identification of sugarcane varieties. **International Sugar Journal**, Bucks, v. 27, p. 22-24, 1925.
- CESNIK, R. **Estudo da herdabilidade de alguns caracteres em cana-de-açúcar**. 1972. 50 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1972.
- CESNIK, R. O método do manójo no melhoramento da cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.45, p. 48-51, 1970.
- CESNIK, R. **Problemas do melhoramento da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Esalq, 1962. 5 p.
- CESNIK, R. Seleção precoce em cana-de-açúcar: nota prévia. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 44, p. 139-142, 1969.

- CESNIK, R. **Setor de melhoramento da cana-de-açúcar**: plano de trabalho. Piracicaba: Esalq, 1961. 3 p. Relatório interno.
- CESNIK, R.; OLIVEIRA, F. F. S.; NOGUEIRA, M. C. S. Substratos para repicagem de plântulas de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 4, p. 11-16, 1977.
- CESNIK, R.; RUSCHEL, R.; MONTEIRO, H. S.; PIMENTA, T. G.; HOFFMAN, H. P.; VIEIRA, M.A.S. Identificação morfológica da cana-de-açúcar. **Anais da STAB**, Piracicaba, v. 1, p. 103-109, 1979.
- CHARMOY, A. de. Génétique et sélection. In: LA CANNA a sucre. Paris: Maisonneuve & Larose, 1970. p. 27-50.
- CLEMENTS, H. F. Factors affecting the germination of sugar cane. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 44, p. 117-146, 1949.
- CLEMENTS, H. F. Quality in sugar production-field aspects. **Proceedings of the Hawaiian Sugar Technologists**, Aiea, v. 18, p. 17-24, 1959.
- COCKING, E. C. Plant cell protoplasts isolation development. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 23, p. 29-50, 1972.
- COLEMAN, R. E. **New plants produced from callus tissue culture**. Washington: United States Department, 1970. 38 p. (Sugarcane Research Report).
- CORRÊA, P. M. **Dicionário das plantas do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1926. v.1, cap. 13.
- COSTA, C. Primeiras canas e primeiros açúcares no Brasil. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 160-168, 1958.
- DANIELS, J.; SMITH, P.; PATON, N.; ROACH, B. The  $2n=80$  *S. spontaneum* and the origin of sugarcane. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 35, p. 19-20, 1975a.
- DANIELS, J.; SMITH, P.; PATON, N. The origin of sugarcane and centers of genetic diversity in *Saccharum*. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 35, p. 4-18, 1975b.

DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

DIVINAGRACIA, N. S.; RAMIREZ, D. A. The morphology and cytology of *Saccharum officinarum* L. indigenous to the Philippines. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 211-225.

DOBZHANSKY, T. Mendelian populations and their evolution. In: GENETICS in the 20th century. New York: Macmillan, 1951. p. 373-389.

DOROSAMI, L. S.; VENKOBA, B. Effect of X-ray irradiation on sugarcane. In: INDIAN SCIENTISTS ASSOCIATION CONGRESS, 33., 1947. **Proceedings...** New Delhi: Indian Scientists Association, 1947. p. 111.

EVANS, H. Studies in the mineral nutrition of sugar cane in British Guiana – II: the mineral status of sugar cane as revealed by foliar. **Tropical Agriculture**, London, v. 32, p. 295, 1955.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. London: Ronald, 1960. 365 p.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La canne a sucre**. Paris: Maisonneuve, 1970. 468 p.

FEDERER, W. T. A method for evaluating genetic progress in a sugar cane breeding program. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 55, p. 177-189, 1956.

FERNANDES, J. A curiosa história da variedade NA 56. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 2, n. 6, p. 18-19, 1983.

FISHER, R. A.; YATES, F. **Statistical tables for biological agricultural and medical research**. 2nd ed. London: Oliver and Boyd, 1943. p. 59.

GARD, K. R. The aims of the sugarcane breeding programme at Macknade, Queensland, with special reference to sugar content, vigour and disease resistance. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF

- SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 8., 1953, British West Indies. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1953. p. 426.
- GRANDE, J. C. P. **O assúcar**. Belo Horizonte: Secretaria de Agricultura de Minas Gerais, 1933. 19 p.
- GRASSL, C. O. Problems and potentialities of intergeneric hybridization in a sugar cane breeding program. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 447-455.
- HALAIS, P. **Influence of meteorological fluctuations on sugar: production 1955-1964: annual report**. Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1964. p. 86-94.
- HANSON, W. D. Heritability. In: HANSON, W. D.; ROBINSON, H. F. **Statistical genetics and plant breeding**. Washington: National Academy of Sciences; National Research Council, 1963. p. 125-140.
- HARTT, C. E. Water and cane ripening. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 38, p. 193-205, 1934.
- HEINZ, D. J. **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 215-216.
- HOFFMAN, H. P.; RUSCHEL, R.; PIMENTA, T. G.; CESNIK, R.; VIEIRA, M. A. S.; MARCOS FILHO, J. Eficiência da limpeza de sementes de cana-de-açúcar pelo uso do insuflador. **Anais da STAB**, Piracicaba, v. 1, p. 141-143, 1979.
- HUMBERT, R. P. **The growing of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779 p.
- HUTCHINSON, P. B.; DANIELS, J. A rating scale for sugarcane characteristics. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 128-131.

JAGATHESAN, D. Cytogenetics of sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 303-316.

JAMES, N. I. Graduated delay of flowering in sugarcane with 11.5 hour dark periods. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taiwan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 984-991.

JULIEN, M. H. R. Physiology of flowering in *Saccharum* - I: daylength control of floral initiation and development in *S. spontaneum*. **International Journal of Experimental Botany**, New York, v. 24, p. 549-557, 1973.

KRISHNAMURTHI, M.; TLASKAL, J. Fiji disease resistant *Saccharum officinarum* var. Pindar sub-clones from tissue cultures. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p. 130-137.

LEE, T. S. G. Produção industrial de mudas de cana-de-açúcar: uma nova abordagem. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 12-16, 1991.

LIPPMANN, E. O. von. **História do açúcar**. Tradução de Rodolfo Coutinho. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Álcool, 1942. t. 2, pt. 10, p. 12-31.

LIU, M. C.; CHEN, W. H. Histological studies on the origin and process of plantlet differentiation in sugarcane callus mass. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p.118-129.

MacMARTIN, A. The role of the Portuguese in the early establishment of cane sugar industries. **Agronomia Moçambicana**, Lourenço Marques, v. 5, p. 211-218, 1971.

- MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **La nutrición mineral de algunas cosechas tropicales**. Berna: Instituto Internacional da Potassa, 1964. 163 p.
- MANGELSDORF, A. J. **Um programa de melhoramento da cana-de-açúcar para a agroindústria canavieira do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1967. 63 p.
- MARETZKI, A.; NICKELL, L. G. Formation of protoplasts from sugarcane cell suspension and the regeneration of cell cultures from protoplasts. **Colloques Internationaux du Centre Nationale de la Recherche Scientifique**, Paris, v. 212, p. 51-63, 1973.
- MESA, J. M. A.; MILANÉS, N.; BALANCE, M. C. Efficiency of the combined selective index in individual selection in sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 22., Cartagena. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1995. p. 279-281.
- MIOCQUE, J. Y. J. Aumento de produtividade das usinas de açúcar. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 7, n. 8, p. 4-7, 1968.
- MIOCQUE, J. Y. J. Comportamento da cana-de-açúcar em terras inundáveis. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 5, n. 13, p. 5-7, 1966.
- MIOCQUE, J. Y. J. Considerações sobre a atual metodologia de seleção de novas variedades. **Stab**, Piracicaba, v. 15, n. 6, p. 10-11, 1997.
- MIOCQUE, J. Y. J. Maturação da cana-de-açúcar. **Sugar y Azúcar do Brasil**, New York, v. 2, n. 4, p. 11-15, 1980.
- MIOCQUE, J. Y. J.; ROSSI, G. **Relatório da primeira reunião de genética de cana-de-açúcar, Tucumã, Argentina**. Piracicaba: Copersucar, 1977. 5 p.
- MIOCQUE, J. Y. J.; NAGUMO, M.; OLIVEIRA, J. A. de. Purificação da água para a solução nutritiva dos cruzamentos de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 92, p. 25-31, 1978.

MITRA, S. M. N. Early history of sugarcane and sugar. **Journal of the Agricultural Society of Trinidad & Tobago**, Port of Spain, v. 54, n. 1, p. 39-41, 1954.

NICKELL, L. G. Tissue and cell culture for sugarcane research. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 887-892.

NOGUEIRA JÚNIOR, P.; PEREIRA NETO, J. A.; UCHÔA, P. E. A. Cultura de meristemas em cana-de-açúcar: projeto cana limpa. **Stab**, Piracicaba, v. 9, n. 6, p. 12-13, 1991.

NOVIDADE: a NA 56-62 é uma variedade nova de procedência argentina. **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 21 fev., 1971. p. 2.

PANJE, R. R.; ETHIRAJAN, A. S. Studies in *Saccharum spontaneum*: preliminary studies in breeding. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 751-754.

PANJE, R. R.; PRASAD, P. R. J. The effects of ionizing radiations on sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 775-781.

PEERUN, Z.; HERMELIN, R.; LALOUETTE, J. A. A method for degluming sugarcane caryopses. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Réduit, v. 41, p. 5-7, 1978.

PINTO, E. S. L. **Cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1965. 128 p. (Estudos Brasileiros, 22).

PRINCE, S. Cytology of Chinese and North Indian sugarcane. **Economic Botany**, New York, v. 22, p. 155-164, 1968.

RAO, B. V. A brief review of the work on the use of X-rays in sugarcane breeding in Mysore. **Proceedings of Sugarcane Research Work**, Houma, v. 2, p. 11-13, 1954.

SALIBE, A. C.; TULER, V. V. Exigências hídricas de cinco variedades de cana-de-açúcar em solo de tabuleiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 5., 1980, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1980. p. 238-273.

SARTORIS, G. B. Low-temperature injury to stored sugar cane. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 38, p. 195-203, 1929.

SCHNELL, R. J.; TAI, P. Y. P.; GRIFFIN, L. E.; MILLER, J. D. **History and current status of the world collection of sugarcane and related grasses maintained at the National Germplasm Repository, Miami, Florida, USA.** Miami: United States Department of Agriculture-Subtropical Horticulture Research Station, 1997. 11 p.

SEGALLA, A. L. Botânica, melhoramento e variedades. In: SEGALLA, A. L.; PIMENTEL-GOMES, F.; MALAVOLTA, E. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar.** São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, 1964. p. 61-98.

SHERMAN, G. D. Manganese and soil fertility. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Soil: yearbook of agriculture.** Washington: US Government Printing Office, 1957. p. 135-139.

SILVA, W. M. De-fuzzing of true sugarcane seeds. **Sugarcane Breeding Newsletter**, local, v. 35, p. 21-23, 1975.

SINGH, S. Floral initiation in sugarcane hybrids under different months of planting at Coimbatore (Latitude 11° N). **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 36, p. 67-70, 1975.

SKINNER, J. C. Description of sugarcane clones. 3. Botanical description. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 124-127.

SREENIVASAN, T. V. Cytology of an intraspecific hybrid of *Saccharum spontaneum*. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 37, p. 67-71, 1976.

- STEVENSON, G. C. **Genetics and breeding of sugar cane**. London: Longmans, 1965. 284 p.
- STEVENSON, G. C. The problem of breeding high sucrose sugar cane varieties. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 9., 1956, New Delhi. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1956. p. 584.
- STEVENSON, G. C. The use of selfing and inbreeding with sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 8., 1953, British West Indies. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1953. p. 517.
- URATA, R. A modified preserving solution for cane tassels. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 4, p. 11, 1958.
- URATA, R.; HEINZ, D. J. Gamma irradiation-induced mutations in sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 402-407.
- VARRET, J. A.; LENNAN, M. C. Effect of wind on cane growth. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 31, p. 335-341, 1927.
- VEIGA, F. M. Intergeneric cross with sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959a. p. 765-768.
- VEIGA, F. M. Variedade, clone ou cultivar? **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 79, p. 91-94, 1972.
- VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W. E. **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramentos, 1969. p. 17-38.
- VIEIRA, M. A. S.; CESNIK, R.; HOFFMAN, H. P.; PIMENTA, T. G. Cultura de tecidos em cana-de-açúcar: revisão bibliográfica. **Anais da STAB**, Piracicaba, v. 1, p. 158-159, 1979.

- VOSE, P. B. **Why mutation breeding?** Piracicaba: USP-CENA, 1978. 6 p.
- WALKER, D. I. T.; SISODIA, N. S. Introduction of a nonflowering mutant in sugarcane (*Saccharum* sp.). **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 551-552, 1969.
- WALKER, D. I. T.; MacCOLL, D.; RAO, P. S. Aspects of the use of *Saccharum spontaneum* in the West Indies programme. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 291-303.
- WARNER, J. N. The evolution of a philosophy on sugar cane breeding in Hawaii. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 54, n. 3, p. 162, 1953a.
- WARNER, J. N. Techniques of breeding and testing sugar cane in Hawaii. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 8., 1953, British West Indies. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1953b. p. 425-432.



# Bibliografía Recomendada

AGARWAL, R. A.; BUTANI, D. K.; TIWARI, C. B. Resistance of sugar cane varieties to top borer *Tryporyza nivella* (Fabricius). **International Sugar Journal**, Bucks, v. 76, p. 263-266, 1974.

AGUIRRE JÚNIOR, J. M. Creação de novas variedades de cana no Estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**, Campinas, v. 34, p. 64, 1936.

ALEXANDER, A. G. The potential of sugar cane to produce sucrose. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 2-17, 1969.

ALLAM, A. I.; SCHILLING, P. E.; KOONCE, K. L. Estimating of heritability in sugarcane. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 36, n. 10, p. 35-37, 1974.

ALVAREZ, F. G. **Caña de azúcar**. Caracas: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1975. 669 p.

ANTON, H. Evaluación de fotoperiodos constantes, aplicados a inducción de floración en caña de azúcar. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, Tucumán, v. 46, p. 19-25, 1969.

ANTONI, H. J. Obtención de nuevos clones de caña de azúcar a partir de tejidos somáticos mediante cultivo "in vitro". **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 11, p. 37-43, 1974.

ANTONI, H. J. Sugarcane breeding programme from "in vitro" culture of somatic cells. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 30, p. 23, 1972.

ANZALONE JÚNIOR, L.; GIAMALVA, M.; CHILTON, S. J. P. Selecting new sugar cane varieties. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 27, n. 1, p. 25, 1965.

ARCENEUX, G. Cultivated sugarcanes of the world and their botanical derivation. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 844-854.

ARCENEUX, G. Flowering of sugar cane in Egypt. **International Sugar Journal**, Bucks, v. 76, p. 38-39, 1974.

ARCENEUX, G. Selecting pressure: its significance in the development of sugarcane varieties. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 28, p. 15-20, 1966.

ARTSCHWAGER, E. Morphology of the vegetative organs of sugarcane. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 60, p. 503-549, 1940.

ARTSCHWAGER, E. The role of the ligule in the sugarcane taxonomy. **American Journal of Botany**, New York, v. 38, p. 144-146, 1951.

ARTSCHWAGER, E. **Structure and taxonomic value of the dewlap in sugarcane**. Washington: United States Department of Agriculture, 1951. 12 p. (USDA Technical Bulletin, 1038).

ARTSCHWAGER, E. **A taxonomic study of *Saccharum sinense* Rosb. and *S. barberi* Jeswiet**. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 87 p. (USDA Technical Bulletin, 1089).

AZZI, G. M. **Programa nacional de melhoramento da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1971. 148 p.

AZZI, G. M. A situação das variedades de cana-de-açúcar cultivadas no Estado de São Paulo. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 6-29, 1971.

AZZI, G. M.; ALVES, A. S.; KUMAR, A. Aplicação de amadurecedores químicos em canaviais do Nordeste do Brasil. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 88 n. 2, p. 28-38, 1976.

BABU, C. N. A note on the  $S_1$  progeny of a *Saccharum spontaneum* variant. **Science and Culture**, Calcutta, v. 27, p. 358-359, 1961.

BALASUNDARAM, N.; VIJAYAN, N.; SOMARAYAN, K. G. A note on the world collection of sugarcane germplasm at Cannanore. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Réduit, v. 43, p. 39-40, 1980.

BALASUNDARAM, N.; VIJAYAN, N.; SOMARAYAN, K. G. The role of Co 449 on the evolution of newer sugarcane varieties. **Indian Sugar**, Calcutta, v. 25, p. 785-790, 1976.

BARBA, R. C. Sugarcane tissue culture. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 1843-1864.

BARREDO, A. T.; GIBE, J. N. Notes on fuzz germination. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 38, p. 15-16, 1976.

BECKER, W. A. **Manual of procedures in qualitative genetics**. Pullman: Washington State University, 1967. 130 p.

BELCHER, B. A.; STOKES, I. E.; RICE, E. R. Cold damage to sugar cane in South Florida, December 1962. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 28, n. 5, p. 32-35, 1965.

BERDING, N. Techniques for ripening and drying sugarcane panicles. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 38, p. 17-22, 1976.

BETANCOURT, A. F. Las clasificaciones de *Saccharum*. **Cuba Azúcar**, Havana, p. 38-52, jul./sep. 1973.

BOURNE, B. A. Field testing of sugar cane seedlings under Florida Everglades conditions. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 29, n. 1, p. 11-13, 1967.

BRANDES, E. W. A rapid method for propagation of seed cane. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 4, n. 15, p. 2-4, 1926.

BREAUX, R. D.; IRVINE, J. E. Selection for cold tolerance in sugar cane seedlings. **Sugar y Azúcar**, New York, v. 70, p. 63, 1975.

BREAUX, R. D.; HEBERT, L. P.; FANGUY, H. P. Defects for which sugar cane seedlings are eliminated at the U. S. Sugar Cane Field Station, Houma, Louisiana. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 421-424.

BREMER, G. Problems in breeding and cytology of sugarcane – III: the cytological crossing research of sugarcane. **Euphytica**, Wageningen, v. 10, p. 229-243, 1961.

BRETT, P. G. C. Advances in sugar cane breeding. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 407-410.

BRETT, P. G. C. The defects for which the majority of seedlings are discarded during selection in Natal. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 429-434.

BRETT, P. G. C. The development of sugarcane breeding in South Africa and its results. **South African Sugar Association Bulletin**, Durban, v. 10, p. 1-8, 1959.

BRETT, P. G. C. Flowering and pollen fertility in relation to sugarcane breeding in Natal. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 7., 1950, Brisbane. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1950. p. 43-55.

BRETT, P. G. C. Investigations on sugarcane breeding in Natal during 1949. **South African Sugar Journal**, Durban, v. 34, n. 5, p. 311-318, 1950.

BRETT, P. G. C. Sugarcane breeding in South Africa. **South African Sugar Journal**, Durban, v. 34, p. 77-87, 1950.

BRETT, P. G. C.; HARDING, R.; PAXTON, J. G. Time and intensity of flowering as influenced by certain temperature and photoperiod treatments. **South African Sugar Journal**, Durban, v. 60, n. 3, p. 121-129, 1976.

BRIEGER, F. O. Os efeitos do frio sobre a cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 60, p. 33-34, 1962.

BRIEGER, F. O. Início da safra: como determinar a maturação. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 7, n. 4, p. 2-4, 1968.

BRIEGER, F. O. **Melhoramento genético da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Esalq, 1963. p. 1-13.

BRIGSS, F. N.; KNOWLES, P. F. **Introduction to plant breeding**. New York: Reinhold, 1967. 426 p.

BROADHEAD, D. M. Germination of store sugar cane cuttings. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, p. 832-842, 1970.

BROERTJES, C.; HARTEER, A. M. van. **Application of mutation breeding methods in the improvement of vegetatively propagated crops**. Amsterdam: Elsevier, 1978. p. 1-52.

BROWN, A. H. D. Correlation between brix in juice and fibre in commercial hybrid sugar cane populations. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 754-759.

BROWN, A. H. D.; DANIELS, J.; LATTEER, B. D. H. Quantitative genetics of sugarcane - II: correlation analysis of continuous characters in relation to hybrid sugarcane breeding. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 39, p. 1-10, 1969.

BROWN, A. H. D.; DANIELS, J.; LATTEER, B. D. H.; KRISHNAMURTHI, M. Quantitative genetics of sugar cane - III:

potential of sucrose selection in *Saccharium spontaneum*. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 39, p. 79-87, 1969.

BROWN, A. H. D.; DANIELS, J.; STEVENSON, N. D. The mass selection reservoir and sugarcane selection. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 41, p. 171-180, 1971.

BROWN, I. A.; CHAMBERS, G. M. Control of cane flowering can increase sugar yields. **World Crops**, Horley, v. 20, p. 65-69, 1968.

BURGESS, R. A.; SHAW, M. E. A. Influence of bunch size on the efficiency of selection from sugarcane seedlings. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p. 144-147.

BURTON, G. W. Principles of breeding vegetatively propagated plants. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 661-670.

BUZACOTT, J. H. The defects for which the majority of seedlings are discarded during selection. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 410-413.

CAMINHA FILHO, A. A situação atual da lavoura canavieira em Pernambuco. In: ECONOMIA & agricultura. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1933. p. 22-31.

CANA de açúcar no Brasil. **A Rural**, Rio de Janeiro, v. 572, p. 9, 1980.

CARVALHO, A.; MONACO, L.; KRUG, C. A. Melhoramento genético das plantas e sua repercussão econômica. In: PAVAN, C.; CUNHA, A. B. **Elementos de genética**. 2. ed. São Paulo: Nacional, 1966. p. 587-653.

CATANI, R. A. O crescimento da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 64, p. 352-353, 1964.

CESNIK, R. Área exigida para um programa de melhoramento da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 86, p. 8-10, 1975.

CESNIK, R. **Cana-de-açúcar**: caracteres botânicos de importância taxonômica: identificação de variedades. Araras: Planalsucar, 1978. 11 p.

CESNIK, R. Cana-de-açúcar: germinação da variedade CB 41-76 submetida a choque frio. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 61, p. 6-11, 1963.

CESNIK, R. Comparação da seleção de cana-de-açúcar em duas regiões distintas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 15, p. 205-206, 1963.

CESNIK, R. Crescimento de plântulas de cana-de-açúcar repicadas em cinco diferentes substratos. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 84, p. 21-25, 1973.

CESNIK, R. Cruzamento e autofecundação em cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 44, p. 73-75, 1969.

CESNIK, R. Esquema de melhoramento da cana-de-açúcar para a resistência às pragas e doenças. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 86, p. 30-32, 1975.

CESNIK, R. Melhoramento de canas forrageiras. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 86, p. 34-35, 1975.

CESNIK, R.; VENCOVSKY, R. Expected response to selection, heritability, genetic correlation and response to selection of some characters in sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p. 96-101.

CESNIK, R.; VENCOVSKY, R. Herdabilidade, correlações genéticas e respostas para a seleção de alguns caracteres em cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 84, p. 9-17, 1974.

CESNIK, R.; BASSINELLO, A. I.; OLIVEIRA, F. F. S. Frost resistance of sugar cane clones and varieties: a study of some progenies. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 305-314.

CESNIK, R.; BASSINELLO, A. I.; OLIVEIRA, F. F. S. Resistência de clones e variedades de cana-de-açúcar à geada: estudo de algumas progênies. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 5, p. 8-14, 1977.

CESNIK, R.; NICOLELLA, G.; MOREIRA FILHO, A. Crescimento de gemas individuais de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 9, n. 1/2, p. 24-26, 1990.

CHILTON, S. J. P. Louisiana State University breeding program in sugar cane. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 28, n. 7, p. 51-57, 1965.

CHILTON, S. J. P.; MOORELAND, C. F. Experiments in flowering of sugarcane. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 32, p. 165-169, 1954.

CHILTON, S. J. P.; PALIATSEAS, E. D. Studies on the flowering of sugar cane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 9., 1956, New Delhi. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1956. p. 652-656.

CHING-LONG, C.; LIANG-FAN, L.; SHUAN-ZI, W. Chromosome number distribution for *Saccharum spontaneum* in the Southwest region of China. **International Sugar Journal**, Bucks, v. 83, n. 993, p. 264-267, 1981.

CHU, T. Sugarcane breeding in Taipei. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 855-863.

CLEMENTS, H. F. Integration of climatic and physiologic factor with reference to the production of Sugar Cane. **Hawaiian Planters' Report**, Aiea, v. 44, p. 201-233, 1940.

CLEMENTS, H. F.; AWADA, M. Experiments on the artificial inductions of flowering in sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 795-812.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2nd ed. New York: Wiley, 1957. p. 545-568.

COLEMAN, O. H. Evaluation of bunch plantings of sugarcane seedlings in Mississippi. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 600-607.

COLEMAN, R. E. Control of flowering and the use of pollen storage as techniques in a sugarcane breeding program. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 533-540.

COLEMAN, R. E. New solutions for preserving sugarcane tassels. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 27, p. 20-22, 1965.

COLEMAN, R. E. Physiology of flowering in sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 977-983.

COLEMAN, R. E. Some aspects of flowering stimulus production in sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 813-817.

CROCOMO, O. J. Cana de proveta: nova técnica auxiliar de melhoramento. **Álcool & Açúcar**, Rio de Janeiro, v. 9, p. 14-17, 1983.

CROSS, W. E. Objectives in cane variety breeding, selection and experimentation. **International Sugar Journal**, Bucks, v. 67, p. 291-293, 1965.

DANIELS, J. Description of sugarcane clones – I: agricultural description. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 1-8.

DANIELS, J. Doubling of haploid clones. **Sugar Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 18, p. 29-31, 1966.

DANIELS, J. Improving sugar cane breeding methods to increase yields. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 742-750.

DANIELS, J. The inbreeding and close breeding of sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 682-689.

DANIELS, J. Origin of *S. officinarum* and *S. robustum*. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 32, p. 4-13, 1973.

DANIELS, J.; DANIELS, C. A. Geographical, historical, and cultural aspects of the origin of the Indian and Chinese sugarcanes *S. barberi* and *S. sinense*. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 36, p. 4-23, 1975.

DANIELS, J.; KRISHNAMURTHI, M. Experimental control of flowering in *Saccharum spontaneum* L. clones collected from locations in the Northern temperature zone. **International Sugar Journal**, Bucks, v. 67, p. 195-197, 1965.

DANIELS, J.; SMITH, P.; PATON, N.; WILLIAMS, C. A. The origin of the genus *Saccharum*. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 36, p. 24-39, 1975.

DANIELS, J.; SMITH, P.; PATON, N. Prehistory and origin of sugarcane. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 34, p. 21-26, 1974.

DANIELS, J.; SMITH, P.; PATON, N. Working notes on the current status of *S. robustum*. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 36, p. 40-44, 1975.

DARROCH, J. G. Statistical methods in the selection and evaluation of sugar cane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 836-841.

DAVIDSON, L.; IRVINE, J. E. Hurricane Betsy wreaks havoc on cane yields in 1965. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 28, n. 11, p. 38-41, 1966.

DAVIS, M. J.; HARRISON, N. A. Serological technique for diagnosis of ratoon stunning disease. **L'Agronomie Tropicale**, Paris, v. 43, n. 2, p. 157, 1988.

DEVELOPMENT of basic sugarcane breeding lines in Louisiana. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 57, p. 11-14, 1978.

DOSADO, V. G.; TAPAY, R. E.; MIAGO, H. M. Selection indices for high yield in sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 17., 1980, Manila. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1980. p. 1104-1110.

DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F tests. **Biometrics**, Washington, v. 11, p. 1-42, 1955.

DUNCKELMAN, P. H. Advancement of new basic cane breeding lines. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 57, p. 16-19, 1979.

DUNCKELMAN, P. H. Crossing and development of basic sugar cane breeding lines to improve varieties for U. S. Mainland production. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 52, p. 7-8, 14, 1974.

DUNCKELMAN, P. H. Development of basic sugarcane breeding lines in Louisiana. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 56, p. 11-14, 1978.

DUNCKELMAN, P. H. Sugarcane breeding at Canal Point, Florida, 1961-62 crossing season. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 40, p. 194-200, 1962.

DUNCKELMAN, P. H. Wild sugarcanes in new crosses at Coimbatore, India. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 44, p. 25-29, 1965.

DUNCKELMAN, P. H.; BLANCHARD, M. A. Basic sugarcane breeding at Houma, Louisiana. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 53, p. 8, 10-11, 1975.

DUNCKELMAN, P. H.; BLANCHARD, M. A. Basic sugarcane breeding at Houma, Louisiana 1973-74 season. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 52, p. 8-11, 1974.

DUNCKELMAN, P. H.; BREAUX, R. D. Evaluation of germplasm in the USDA sugarcane program at Houma Louisiana. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 888-892.

DUNCKELMAN, P. H.; BREAUX, R. D. Screening for mosaic resistance in *Saccharum spontaneum* at Houma, Louisiana, 1964-68. **Sugar y Azúcar**, New York, v. 64, p. 16-18, 1969.

DU TOIT, J. L. Recent advances in nutrition of sugar cane in South Africa. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 432-441.

DUTT, N. L. Control of flowering in sugarcane. **Indian Farming**, New Delhi, v. 4, p. 1, 1943.

DUTT, N. L. World collection of sugarcane established at Coimbatore. **International Sugar Journal**, Bucks, v. 58, p. 153-155, 1956.

DUTT, N. L.; PANGE, R. R. Present-day in sugarcane breeding. **Indian Journal of Genetic & Plant Breeding**, New Delhi, v. 17, p. 269-275, 1957.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.

ELLIOTT, F. C. **Plant breeding and cytogenetics**. New York: McGraw-Hill, 1958. 395 p.

ELLIS, T. O.; VAN-BREEMEN JUNIOR, F.; ARCENAU, G. Flowering of sugarcane in relation to maximum temperatures during the induction period. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 790-794.

EMPIG, L. T. Philippine sugarcane breeding programme: philosophies and strategies. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p. 17-23.

EMPIG, L. T.; LAPASTORA, E. L.; GUIBAN, G.; MANALO, M. M. Determination of parent potential of sugarcane clones by progeny selection. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 37, p. 26-31, 1976.

ESCOBER, J. R. Field control of sugarcane tasseling in Victorias with diquat and CMU. **Sugar News**, Manila, v. 45, p. 367-374, 1969.

EVANS, H. Elements other than nitrogen, potassium and phosphorus in the mineral nutrition of sugar cane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 473-508.

FALCONER, D. S. Heritability and repeatability discussion. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 18, p. 15-17, 1966.

FARIS, J. A. Cold chlorosis of sugarcane. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 16, p. 885-891, 1926.

FAWCETT, G. L. La clasificación de algunas antiguas variedades de caña con referencial al sistema Jeswiet. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, Tucumán, v. 20, p. 114-120, 1929.

FERNANDES, J. Fatores de amadurecimento da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 89, p. 4-10, 1977.

FERNANDES, J.; AZZI, G. M.; KUMAR, A. Aplicação de amadurecedores químicos em canaviais no Centro-Sul do Brasil. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 88, p. 12-24, 1976.

FERREIRA, M. **Terminologia de melhoramento genético florestal**. 2. ed. Curitiba: Embrapa-URPFCS, 1982. 91 p.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 14, p. 742-754, 1963.

FINNEY, D. J. **Statistical science in agriculture**. Edinburgh: Oliver & Boyd, 1953. 179 p.

FORS, A. L. Sugar cane freezes in Mexico. **Sugar y Azúcar**, New York, v. 66, p. 26-28, 1971.

FREY, K. J.; HORNER, T. Heritability in standard units. **Agronomy Journal**, Madison, v. 49, p. 59-62, 1957.

GARZA, A. M. **Diseño y análisis de experimentos con caña de azúcar**. Chapingo: Talleres Gráficos, 1972. 204 p.

GEORGE, E. F. Application of a grade score in determining the potential of sugar cane crosses. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 498-504.

GEORGE, E. F. A further study of *Saccharum* progenies in contrasting environments. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 488-497.

GEORGE, E. F.; GROOT, W. de. Inherent defects of seedling in Mauritius. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...**

Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 414-421.

GIRODAY, E. B. Breeding and selection in Reunion Island. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Réduit, v. 40, p. 9-14, 1977.

GONZALES RIOS, P. The development of new sugarcane varieties. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 11, p. 3-4, 10-12, 1948.

GONZALES RIOS, P. Development of sugarcane breeding in Puerto Rico. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 732-742.

GRASSL, C. O. The origin of sugarcane. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 34, p. 10-18, 1974.

GREGG, S.; TLASKAL, J. A note on root producing medium for sugarcane callus. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Réduit, v. 43, p. 1-3, 1980.

GUERINEAU, C. M. Cómo se obtiene una nueva variedad de caña de azúcar. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 5, p. 23-53, 1966.

HARTEN, A. M. **Mutation breeding application to root and tuber crops, tropical fruits and sugarcane**. Piracicaba: USP-CENA, 1978. 4 p.

HEBERT, L. P. Association between yield components and yield of sugarcane varieties in Louisiana. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 760-763.

HEBERT, L. P.; BREAUX, R. E.; FANGUY, H. P. Bunch-planting experiments with sugar cane seedlings at the U. S. Sugar Cane Field Station, Houma, LA. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 553-560.

HEINZ, D. J. Indonesia-Papua New Guinea germplasm collections ready for distribution in 1979. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Réduit, v. 42, p. 12-13, 1978.

HEINZ, D. J. New procedures for sugarcane breeders. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 372-380.

HEINZ, D. J. Wild *Saccharum* species for breeding in Hawaii. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 1037-1043.

HEINZ, D. J.; MEE, G. W. P. Morphologic, cytogenetic and enzymatic variation in *Saccharum* species hybrid clones derived from callus tissue. **American Journal of Botany**, New York, v. 58, p. 257-262, 1971.

HENDERSON, M. T. Proposed modification of sugarcane breeding programs in Louisiana. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 32, p. 27-29, 1970.

HOGARTH, D. M. A review of quantitative genetics in plant breeding with particular reference to sugar cane. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Sydney, v. 34, p. 108-120, 1968.

HUSZ, G. S. **Sugarcane: cultivation and fertilization**. Hohenheim: University of Hohenheim, 1972. 116 p.

IRVINE, J. E. Effects of an early freeze on Louisiana sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 837-839.

IRVINE, J. E. Freeze resistance in varieties of mature sugar cane. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 50, p. 9-14, 1971.

IRVINE, J. E. Identification of cold tolerance in *Saccharum* and related genera through refrigerated freeze screening. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS

CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 147-156.

JAMES, N. I. Delayed flowering and pollen production in male-sterile sugarcane subjected to extended day length. **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 279-282, 1969.

JAMES, N. I. Yield components in random and selected sugarcane populations. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 906-908, 1971.

JAMES, N. I.; FALGOUT, R. N. Association of five characters in progenies of four sugarcane crosses. **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 88-91, 1969.

JAMES, N. I.; MILLER, J. D. Flame de-fuzzing of sugarcane seed. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 27, p. 4-5, 1971.

JAMES, N. I.; MILLER, J. D. Selection in two seedlings crops of four sugarcane progenies. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 245-248, 1971.

JAMES, N. I.; SMITH, G. A. Effect of photoperiod and light intensity on flowering in sugarcane. **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 794-796, 1969.

JUANJ, P. Y. A study on flowering behavior of sugarcane in different geographic conditions. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 840-848.

JULIEN, M. H. R.; SOOPRAMANIEN, G. C. Effects of night breaks on floral initiation and development in *Saccharum*. **Crop Science**, Madison, v. 15, p. 625-629, 1975.

JULIEN, R. An evaluation of methods used for maturity testing. **International Sugar Journal**, Port Talbot, v. 77, p. 201-205, 1975.

JULIEN, R. The role of leaves in the perception and inhibition of the flowering stimulus in sugarcane. In: INTERNATIONAL

SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 976-983.

KANDASAMI, P. A. Cytogenetical studies of interspecific and intraspecific hybrids of *Saccharum*. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 251-267.

KERR, H. W. Symposium on methods of maturity determination. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 5., 1935, Brisbane. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1935. p. 164-190.

KHAIRWAL, I. S.; BABU, C. N. Estimates of heritability and its implications in selection of sugarcane varieties. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 37, p. 32-38, 1976.

KNIGHT, R. The measurement and interpretation of genotype environment interactions. **Euphytica**, Wageningen, v. 19, p. 225-235, 1970.

KRISHNAMURTHI, M. Isolation, fusion and multiplication of sugarcane protoplast and comparison of sexual and parasexual hybridization. **Euphytica**, Wageningen, v. 25, p. 145-150, 1976.

KRISHNAMURTHI, M. Sugarcane improvement through tissue culture. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 23-28.

LADD, S. L.; HEINZ, D. J.; MEYER, H. K.; NISHIMOTO, B. K. Selection studies in sugarcane (*Saccharum* spp.) hybrids – I: repeatability between selection stages. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p. 102-105.

LALOUETTE, J. A. Breeding of sugarcane varieties in Mauritius. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 1062-1067.

LANDELL, M. G. de A.; FIGUEIREDO, P. IAC - programa cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 16, n. 1, p. 26, 1997.

LANDELL, M. G. de A.; FIGUEIREDO, P.; CAMPANA, M. P. IAC - programa cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 17, n. 3, p. 44-45, 1999.

LASCANO, O. G.; ANTICH, E. P. **Metodología aplicada en la Estación Experimental Agrícola de Tucumán para la obtención de nuevas variedades de caña de azúcar.** Tucumán: Estación Experimental Agrícola, 1975. p. 1-16. (Publicación Miscelánea, 52).

LASCANO, O. G.; MARIOTTI, J. A. Estudio sobre los porcentajes de selección como método para evaluar progenitores en caña de azúcar. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, Tucumán, v. 46, p. 1-9, 1969.

LEE, S.; HU, T. H.; TU, T. T. Photoperiodic induction of flowering in sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 1001-1005.

LEE, T. S. G. Biofábrica de cana-de-açúcar. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 63, n. 3, p. 26-32, 1992.

LEE, T. S. G. Micropropagação de cana-de-açúcar através de cultura de meristema apical. **Saccharum**, Piracicaba, v. 7, n. 35, p. 36-39, 1984.

LEE, T. S. G. Micropropagation of sugarcane (*Saccharum* spp.). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, The Hague, v. 10, p. 47-55, 1987.

LEE, T. S. G. Multiplication of sugarcane by apex culture. **Turrialba**, San José, v. 36, n. 2, p. 231-236, 1986.

LIU, K. C. Review of the varietal program of sugarcane in Taipei. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 30, p. 16-22, 1967.

LIU, M. C.; CHEN, W. H. Fusion and cell clump formation in sugarcane protoplasts. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 37, p. 39-46, 1976.

LIU, M. C.; CHEN, W. H. Tissue and cell culture as aids to sugarcane breeding - I: creation of genetic variation through callus culture. **Euphytica**, Wageningen, v. 25, p. 393-403, 1976.

LIU, M. C.; SHANG, K. C.; CHEN, W. H.; SHIH, S. C. Tissue and cell culture as aids to sugarcane breeding - III: aneuploid cells and plants induced by treatment of cell suspension with colchicine. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 29-42.

LOH, C. S. Sugarcane breeding: retrospect and prospect. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 1069-1086.

LUNA, A. L. Study of some characters of the progeny in four crosses of sugar cane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 764-772.

LYRENE, P. M. Haploidy as a possible tool in sugarcane breeding. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 39, p. 37-39, 1977.

LYRENE, P. M. A method for de-hulling sugarcane caryopses. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 37, p. 47-48, 1976.

LYRENE, P. M. Tissues culture and mutations in sugarcane. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 38, p. 61-62, 1976.

MacCOLL, D. **West Indian sugar cane varieties**. Bridgetown: Dono, 1971. 39 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação.** São Paulo: Ceres, 1967. 606 p.

MALAVOLTA, E. Sintomas de desnutrição da cana-de-açúcar. **São Paulo Açucareiro**, São Paulo, v.1, p. 51-62, 1950.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P. Fisiologia. In: SEGALLA, A. L.; PIMENTEL-GOMES, F.; MALAVOLTA, E. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar.** São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, 1964. p. 221-236.

MANGELSDORF, A. J. Sugar cane breeding in Hawaii – II: 1921 to 1952. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 54, p. 101-137, 1953.

MANGELSDORF, A. J. Sugar cane breeding methods. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 694-701.

MANGELSDORF, A. J. Sugar cane breeding: the retrospect and prospect. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 9., 1956, New Delhi. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1956. p. 560-575.

MARIOTTI, J. A. Asociaciones fenotípicas entre caracteres en la primera etapa de selección en caña de azúcar. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 8, p. 327-340, 1971.

MARIOTTI, J. A. Association among yield and quality components in sugarcane hybrid progenies. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 297-302.

MARIOTTI, J. A. On the effectiveness of some genetic parameters used in the selection of sugar cane populations. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 29, p. 8-15, 1972.

MARIOTTI, J. A. The effect of environments on the relationship between yield and its components in sugarcane. In: INTERNATIO-

NAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p. 89-95.

MARIOTTI, J. A. Estimaciones de "heredabilidad" en parcelas clonales de cinco poblaciones híbridas de caña de azúcar. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 8, p. 373-389, 1971.

MARIOTTI, J. A. Estimaciones de repetibilidad y asociaciones entre caracteres en cinco poblaciones híbridas de caña de azúcar. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 10, p. 61-73, 1972.

MARIOTTI, J. A. Experiencia de selección clonal en caña de azúcar: "heredabilidad realizada" y "heredabilidad sectorial". **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 24, p. 156, 1972.

MARIOTTI, J. A. Experiencias de selección clonal en caña de azúcar. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 10, p. 75-88, 1973.

MARIOTTI, J. A. An experiment to investigate the efficiency of visual selection in sugarcane clonal plots. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 39, p. 40-42, 1977.

MATHERNE, R. J.; SIMON, E. C.; STAFFORD, T. J.; FANGUY, H. P. Criteria for evaluation of sugar cane varieties in advanced tests in Louisiana. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 965-968.

MELHORAMENTO da cana-de-açúcar: produção de "seedlings". **Boletim Açucareiro**, Recife, v. 1, n. 2, p. 22, 1968.

MENSHAWI, Z. A. The sugarcane breeding program in Egypt. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 39, p. 9-11, 1977.

MILLER, J. D. Cold tolerance in sugar cane relatives. **Sugar y Azúcar**, New York, v. 71, p. 24-25, 1976.

MILLER, J. D.; JAMES, N. I. Selection in six crops of sugarcane – I: repeatability of three characters. **Crop Science**, Madison, v. 15, p. 37-40, 1975.

MIOCQUE, J. Cana: os requisitos para o florescimento. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 20, p. 3-4, 1965.

MIOCQUE, J. Declínio das variedades de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 14, n. 1, p. 16-18, 1995.

MIOCQUE, J. Os efeitos da geada sobre a cana-de-açúcar. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 17, p. 4-5, 1965.

MIOCQUE, J. Influências climáticas sobre canaviais. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 7, p. 3-4, 1965.

MIOCQUE, J. **Introdução de novas variedades de cana em função do aumento de produtividade**. [s.l.: s.n.], 1972. 6 p. Trabalho apresentado no IV Encontro Novo Mundo, Jaú, SP, 1972.

MIOCQUE, J. O melhoramento da cana-de-açúcar no Brasil. **STAB**, Piracicaba, v. 11, n. 4, p. 24-28, 1984.

MIOCQUE, J. Multiplicação da cana-de-açúcar em viveiros. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 1, p. 3-4, 1965.

MIOCQUE, J. **Nomenclatura das variedades de cana-de-açúcar**. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 1986. 57 p.

MIOCQUE, J. Origem e história da cana Caiana. **Álcool & Açúcar**, Rio de Janeiro, São Paulo, v. 65, p. 18-24, 1992-1993.

MIOCQUE, J. Programa de variedades: esquema 2-5-10. **STAB**, Piracicaba, v. 15, n. 2, p. 10-11, 1996.

MIOCQUE, J. Projeção da implantação de canavial. **Saccharum-Stab**, Piracicaba, v. 4, n. 16, p. 32-38, 1981.

MIOCQUE, J. O rendimento dos canaviais: fórmula da produtividade ha/mês. **STAB**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 24-26, 1983.

MIOCQUE, J. Riqueza em sacarose na cana-de-açúcar. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 22, p. 3-5, 1965.

- MIOCQUE, J. Técnicas de multiplicação rápida de novas variedades SP. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, v. 12, p. 1-13, 1980.
- MIOCQUE, J. Tratamento químico da água para o cruzamento da cana. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, v. 11, p. 16, 1980.
- MIOCQUE, J. O valor relativo da cana-de-açúcar. **Saccharum-Stab**, Piracicaba, v. 3, n. 10, p. 31-33, 1980.
- MIOCQUE, J. O vento e a cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 14, n. 6, p. 14-18, 1996.
- MIOCQUE, J.; SILVA, W. M. da; ROSSI, G.; FAGANELLO, B. Copersucar prestes a lançar primeiras variedades SP. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, v. 3, p. 4-11, 1976.
- MOORE, P. H. Physiology of flowering section. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 33, p. 23-25, 1974.
- MOORE, P. H. Sugarcane pollen variability. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 36, p. 65-66, 1975.
- MOORE, P. H.; HEINZ, D. J. Increased post inductive photoperiod for delayed flowering in *Saccharum* sp. hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 118-121, 1971.
- MORRIL, M. S. C. A. **El mejoramiento genético de la caña de azúcar en México**. [S.1]: Geplacea, 1972. 10 p.
- NADAR, H. M.; SOEPRAPTOPO, S.; HEINZ, D. J.; LADD, S. L. Fine structure of sugarcane (*Saccharum* sp.) callus and the role of auxin in embryogenesis. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 210-216, 1978.
- NAIDU, K. M.; SREENIVASAN, T. V. Conservation of sugarcane germplasm. In: COOPERSUCAR INTERNATATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, 1987, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Copersucar, 1987. p. 33-53.
- NISHIYMA, I. Basic numbers in the polyploidy of *Saccharum*. **Journal of Heredity**, Washington, v. 47, p. 91-99, 1956.

OTTICICA, J. Novas variedades pelo “melting pot crossing”. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 72, p. 8-20, 1968.

OJEDA, J. P.; CHILTON, S. J. P. Single vs bunch transplanting in the selection of sugarcane seedlings. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, v. 12, 1967, San Juan, **Proceedings...** San Juan, International Society of Sugar Cane Technologists, 1967. p. 898-909.

PALIATSEAS, E. D. Flowering of sugarcane in Louisiana as related to inter-specific hybridization. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1974. p. 46-54.

PALIATSEAS, E. D. Flowering of sugarcane with reference to induction and inhibition. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 354-364.

PALIATSEAS, E. D. Further studies on flowering of sugarcane in Louisiana. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 504-515.

PALIATSEAS, E. D.; CHILTON, J. P. The induction of the emergence of the inflorescence of sugar cane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 9., 1956, New Delhi. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1956. p. 657-664.

PANJE, R. R. The role of *Saccharum spontaneum* in sugarcane breeding. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 217-223.

PATERNIANI, E. Genética e melhoramento de plantas. In: PAVAN, C.; CUNHA, A. B. **Elementos de genética**. 2. ed. São Paulo: Nacional, 1966. p. 549-586.

PAVAN, C.; CUNHA, A. B. **Genética**. São Paulo: Nacional, 1963. 535 p.

PIMENTA, T. G.; RUSCHEL, R.; PEREIRA, T. G. Perda de genótipos de cana-de-açúcar no transplântio em grupo. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 91, p. 8-10, 1978.

PIMENTEL-GOMES, F. Análise conjunta de 38 experimentos de adubação em cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 32, p. 113-26, 1957.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Esalq, 1960. 229 p. (Publicação Didática, 2).

PIMENTEL-GOMES, F.; LIMA, U. A. A cana-de-açúcar no mundo. In: SEGALLA, A. L.; PIMENTEL-GOMES, F.; MALAVOLTA, E. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, 1964. p. 11-26.

PLOPER, D. L.; MARIOTTI, J. A. Variability of yield components in subclones from tissue culture in sugarcane. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Réduit, v. 41, p. 29-30, 1978.

PRINCE, S. Cytogenetics of modern sugarcane. **Economic Botany**, New York, v. 17, p. 97-106, 1963.

PRINCE, S. Cytological studies in *Saccharum* and allied genera – III: chromosome numbers in interspecific hybrids. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 118, p. 146-159, 1957.

PRINCE, S. Cytological studies in *Saccharum* and allied genera – IV: hybrids from *S. officinarum* ( $2n = 80$ ) X *S. spontaneum* ( $2n = 96$ ). **Journal of Heredity**, Washington, v. 48, p. 141-145, 1975.

PRINCE, S. Cytology of *Saccharum robustum*. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 12, n. 2, 1963.

PRINCE, S. Interspecific hybridization in sugarcane breeding. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 1021-1026.

PRINCE, S. A leaf squash technique for studies of somatic chromosomes in *Saccharum*. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 9., 1956, New Delhi. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1956. p. 780-783.

PRINCE, S.; WARNER, J. N. The possible use of induced mutations for sugarcane improvement. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 782-792.

RAO, J. T. Breeding to develop improved varieties. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1968. p. 25-30.

RAO, J. T. Current breeding techniques and selection procedures adopted at Coimbatore. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 839-843.

RAO, M. S. S.; NEGI, N. S. Growth correlations in sugar cane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 9., 1956, New Delhi. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1956. p. 13-21.

RAO, P. S. Chromosome numbers in root and leaf tissues of sugarcane. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 30, p. 23-26, 1972.

ROACH, B. T. Adjustment of flowering time in a practical cane breeding program. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Réduit, v. 41, p. 1-4, 1978.

ROACH, B. T. Cytological studies in *Saccharum* chromosome transmission in interspecific and intergeneric crosses. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 901-920.

ROACH, B. T. Declining vigour during nobilization. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 23, p. 19-21, 1969.

ROACH, B. T. Nobilization of sugarcane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 206-216.

ROACH, B. T. Quantitative effects of hybridization in *Saccharum officinarum* X *Saccharum spontaneum* crosses. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 13., 1968, Taipei. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1968. p. 939-954.

ROBINSON, P. Heritability: a second look . In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (Washington, Estados Unidos). **Statistical genetics and plant breeding**. Washington, 1963. p. 609-612. (National Academy of Sciences Publications, 982).

RUGAI, S.; SOUZA, J. G. C. Maturação da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 84, p. 73-82, 1974.

SCHNELL, R. J. **World collection of sugarcane and related grasses**. Miami: United States Department of Agriculture-Subtropical Horticulture Research Station, 1966. 95 p.

SHARMA, S. L. Malformations in sugarcane. **Current Science**, Bangalore, v. 22, p. 276-277, 1953.

SKINNER, J. C. Selection in sugarcane: a review. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 14., 1971, Baton Rouge. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1971. p. 149-162.

SILVA, J. G. NA 56-62: uma variedade para conferir. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 85, p. 51-55, 1975.

SILVA, W. M. Production of sugarcane seedlings by the method of fuzz processing and early transplantação. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1977. p. 165-176.

SINGH, B.; SINGH, G. P. Breeding for disease resistant elite clones of sugarcane in Eastern tract of Uttar Pradesh. **Indian Sugar**, Calcutta, v. 20, p. 541-549, 1970.

SINGH, B. V.; SANGHA, A. S Correlation studies in sugarcane. **Madras Agricultural Journal**, Madras, v. 57, p. 474-477, 1970.

SKINNER, J. C. Crossing solution experiments. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 30, p. 30-35, 1972.

SMITH, G. C.; JAMES, W. I. Association of characters within and repeatability between years in progenies of four sugar cane crosses. **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 819-821, 1969.

SNOW, A. A.; SPIRA, T. P. Pollen vigour and the potential for sexual selection in plants. **Nature**, London, v. 352, p. 756-757, 1991.

STEVENS, F. D. A further statement as to flooded cane in the Florida Everglades. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 12, p. 1-7, 15, 1949.

STEVENSON, G. C. Sugar production and sugar cane breeding in Barbados. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 24, p. 24-28, 1962.

STEVENSON, N. D.; DANIELS, J. Heavy flowering observed in pot trials. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 20, p. 71-73, 1967.

STOKES, I. E.; TYSDAL, H. M. Significant trends genealogies of Canal Point varieties of sugar cane. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 456-464.

SULTANUM, E. Considerações sobre a sintomalogia de micronutrientes em cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 83, p. 1-15, 1974.

TANIMOTO, T.; NICKELL, L. G. Estimation of drought resistance of sugarcane varieties. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 893-896.

TOGGERT, W. G.; SIMON, E. C. Louisiana Experiment Station single eye method for the rapid propagation of new sugar cane varieties. **Sugar Bulletin**, New Orleans, v. 12, n. 18, p. 2-3, 1934.

TRICÂNICO, S. Causas da floração. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 6, p. 1-17, 1949.

TRIPATHI, B. K.; SRIVASTAVA, H. M.; LAL, S. Association of some characters in seedling and first clonal generations in sugarcane. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Macknade, v. 39, p. 53-58, 1977.

TULMANN NETO, A. **Melhoramento de plantas por indução de mutação**. Piracicaba: USP-CENA, 1978. 1 v.

UCHÔA, P. E. A.; NOGUEIRA JÚNIOR., P.; PEREIRA NETO, J. A.; GERALD, L. T. S. Biofactory of sugarcane at Ester Sugar Mill achievements and problems. **STAB**, Piracicaba, v. 13, n. 6, p. 33-34, 1995.

UMAT, D. S. Flowering studies on sugar cane in Madhya Pradesh. **Indian Sugar**, Calcutta, v. 10, p. 171-173, 1960.

URATA, R. **Efficiency in sugarcane selection**. [S.l.: s. n.], 1971. 4 p.

URATA, R. Naming varieties in the IAA program in Brazil. **Sugarcane Breeding Newsletter**, Honolulu, v. 32, p. 44, 1973.

URATA, R. **Observations in the Central and Southern regions of sugarcane lands in Brazil: sugarcane breeding**. [S.l.: s.n.], 1975. 11 p.

URATA, R. **Selection in seedling nursery**. [S.l.: s. n. ], 1970. 3 p.

URATA, R.; WARNER, J. N. Criteria for sugar-cane selection in Hawaii. In: **INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS**, 10., 1959, Honolulu. **Proceedings...** Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1959. p. 702-708.

VEIGA, F. M. **Relatório**. Rio da Janeiro: Instituto do Açúcar e do Alcool-Estação Experimental de Campos, 1959. 95 p.

VEIGA, F. M.; PINTO, R. S. Principais variedades CB. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 60, p. 13-19, 1962.

VENCOVSKY, R. **Princípios de genética quantitativa**. Piracicaba: Esalq, 1972. pt. 2, p. 22-46. (Publicação Didática, 15).

VENKATRAMAN, T. S.; THOMAS, R. Studies in development and anatomy. **Agricultural Journal of India**, New Delhi, v. 17, p. 381-388, 1922.

WALKER, D. I. T. Family performance at early selection stages as a guide to the breeding program. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 469-483.

WALKER, D. I. T. Some correlations in sugarcane selection in Barbados. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1965. p. 950-955.

WARNER, J. N. Defects leading to the discard of the majority of seedlings in Hawaii. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 11., 1962, Réduit. **Proceedings...** Réduit: International Society of Sugar Cane Technologists, 1962. p. 425-428.

WHITEHEAD, C. Maturity testing using a hand refractometer. **South African Sugar Journal**, Durban, v. 51, p. 489-493, 1967.

WILLCOX, T. G. The old nobles. **Canes Growers' Quarterly Bulletin**, Indooroopilly, v. 39, p. 51-57, 1975.

WILLIAMS, J. C.; LOUDON, T. R. Computer technology assists cane testing. **South African Sugar Journal**, Durban, v. 53, p. 598-607, 1969.

WILLIAMS, W. **Genetical principles and plant breeding**. Oxford: Blackwell, 1964. 504 p.

YUSUF, N. D.; DUTT, N. L. Photoperiod in relation to flowering in sugarcane. **Current Science**, Bangalore, v. 14, p. 304, 1945.



Impressão e acabamento  
**Embrapa Informação Tecnológica**



**Jacques Miocque** diplomou-se engenheiro agrônomo pela École Nationale D'Agriculture, de Auxeres, na França, em 1947. Em 1950, decidiu adotar o Brasil como sua pátria, onde se interessou por cursos especializados em genética da cana-de-açúcar, estatística experimental, ecologia e poluição e tratamento de águas residuais.

Dedicou-se à pesquisa da betonita para o tratamento de água de riacho, como veículo para as soluções nutritivas que utilizou, com grande sucesso, nos cruzamentos realizados em Camamu, BA, quando coordenou o programa de melhoramento da cana-de-açúcar da Copersucar, período em que também teve a oportunidade de coordenar a implantação do Centro Técnico Copersucar, em Piracicaba, SP.

É sócio fundador da Sociedade de Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil e tem cerca de 58 trabalhos científicos publicados. Traduziu para o português o livro Manual de Engenharia Açucareira, de E. Hugot, em dois volumes, e publicou, em duas versões, português e inglês, a monografia Nomenclatura das Variedades de Cana-de-açúcar, editada pela Fundação Salim Maluf.

Participou de congressos internacionais sobre cana-de-açúcar e empreendeu duas viagens à França e Alemanha para estudar os equipamentos para a instalação de Laboratório de Pagamento da Cana pela Riqueza Sacarina e duas viagens às Ilhas Reunião e Maurício, para estudar a Implantação de Análise de Cana-de-açúcar.