

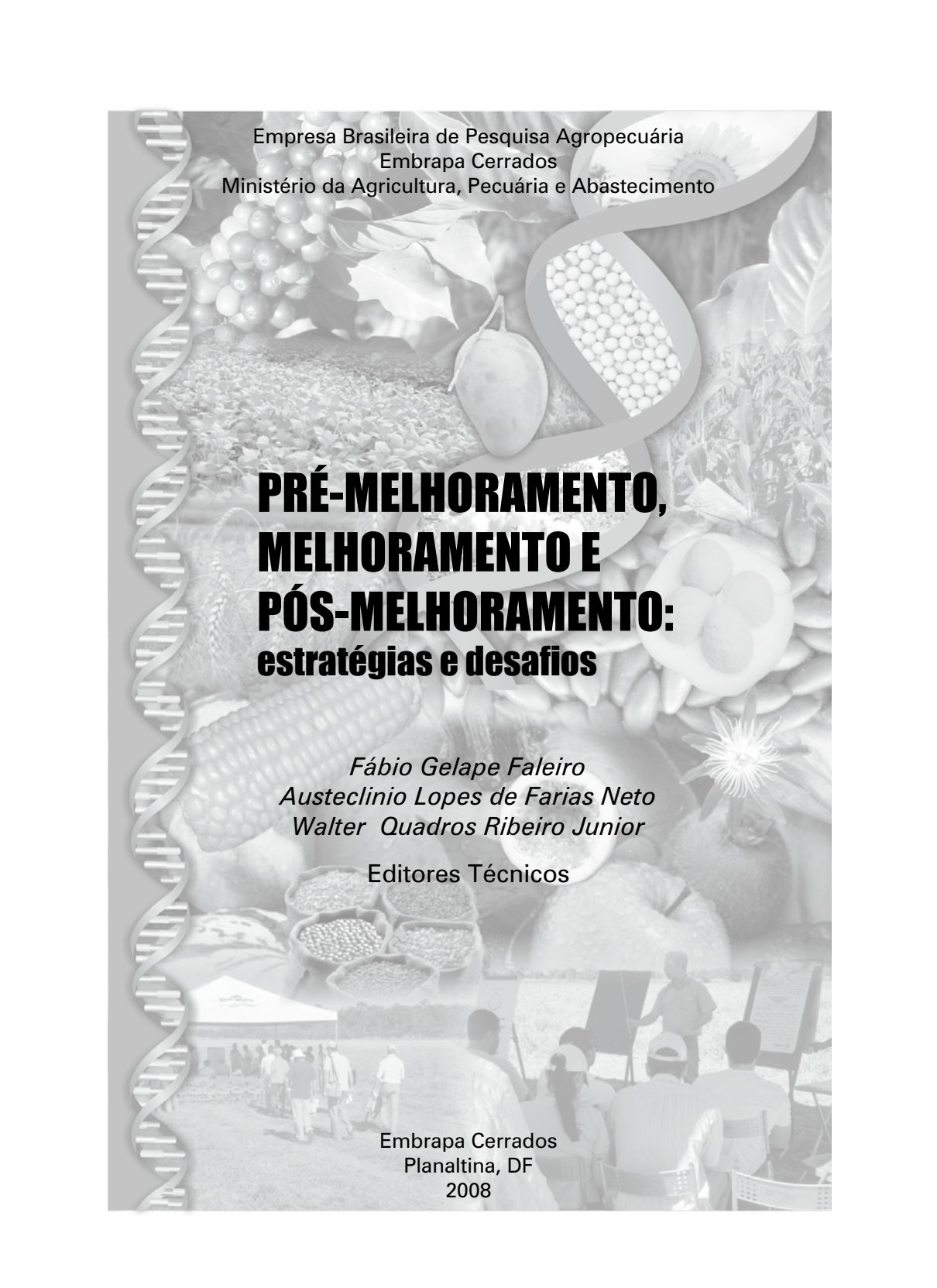
**Pré-melhoramento, melhoramento
e pós-melhoramento:
estratégias e desafios**



Embrapa



**PRÉ-MELHORAMENTO,
MELHORAMENTO E
PÓS-MELHORAMENTO:
estratégias e desafios**



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PRÉ-MELHORAMENTO, MELHORAMENTO E PÓS-MELHORAMENTO: estratégias e desafios

*Fábio Gelape Faleiro
Austeclinio Lopes de Farias Neto
Walter Quadros Ribeiro Junior*

Editores Técnicos

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970 – Planaltina, DF
Fone (61) 3388-9898 – Fax (61) 3388-9879
www.cpac.embrapa.br
sac@cpac.embrapa.br

Embrapa Informação Tecnológica
Parque Estação Biológica – PqEB s/n.º – Plano Piloto
CEP 70707-901 – Brasília, DF
Fone (61) 3448-4236 – Fax (61) 3340-2753
www.sct.embrapa.br
vendas@sct.embrapa.br

Supervisão editorial
Fernanda Vidigal Cabral de Miranda

Revisão de texto
Jaime Arbues Carneiro
Jussara Flores de Oliveira

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro

Projeto gráfico e editoração eletrônica
Jussara Flores de Oliveira

Tratamento de imagens e figuras
Jussara Flores de Oliveira

Capa
Wellington Cavalcanti

Fotos da capa
Acervo Embrapa Cerrados

1a edição
1a impressão (2008)
1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n° 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP
Embrapa Cerrados

P922 Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios / editores técnicos Fábio Gelape Faleiro, Austeclinio Lopes de Farias Neto, Walter Quadros Ribeiro Júnior – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

184 p. : il. color.

ISBN 978-85-7075-042-6

1. Melhoramento genético vegetal. 2. Variabilidade genética. 3. Genética vegetal. I. Faleiro, Fábio Gelape. II. Farias Neto, Austeclinio Lopes de. III. Ribeiro Júnior, Walter Quadros.

631.52 - CDD 21

Autores

Alberto Giaroli de Oliveira Pereira Barretto

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Bolsista da Universidade de São Paulo
barretto.alberto@gmail.com

Alessandra Pereira Fávero

Engenheira Agrônoma, D.Sc.
Pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
faver@cenargen.embrapa.br

Auri Fernando de Moraes

Estudante de Agronomia, UPIS
auri_fernando@hotmail.com

Austecílio Lopes de Farias Neto

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
auster@cpac.embrapa.br

Daniela de Moraes Aviani

Engenheira Agrônoma,
Fiscal Federal Agropecuário
Coordenadora do SNPC
daniela.aviani@agricultura.gov.br

Eduardo Alano Vieira

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.
Pesquisador, Embrapa Cerrados
vieiraea@cpac.embrapa.br

Eduardo Caierão

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Pesquisador, Embrapa Trigo
caierao@cnpt.embrapa.br

Fábio Gelape Faleiro

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
ffaleiro@cpac.embrapa.br

Fabrcio Santana Santos

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.
Fiscal Federal Agropecuário
SNPC/DEPTA/SDC
fabricio.santos@agricultura.gov.br

Izabela Mendes de Carvalho

Engenheira Agrônoma
Fiscal Federal Agropecuário
RNC/DEFIA/SDA
izabela.carvalho@agricultura.gov.br

José Flávio Lopes

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.
Pesquisador da Embrapa Hortaliças
jlopes@cnph.embrapa.br

José Ricardo Peixoto

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Professor da Universidade de Brasília
peixoto@unb.br

Josefino de Freitas Fialho

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Pesquisador, Embrapa Cerrados
josefino@cpac.embrapa.br

Luis Claudio Prado

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.
Pesquisador, Pioneer Sementes
Caixa postal 8283
73310-970, Planaltina, DF
luis.prado@pioneer.com

Luís Gustavo Asp Pacheco

Engenheiro Agrônomo

Fiscal Federal Agropecuário

SNPC/DEPTA/SDC

luis.pacheco@agricultura.gov.br

Márcio Elias Ferreira

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

ferreira@cenargen.embrapa.br

Maria Lucrecia Gerosa Ramos

Bióloga, Ph.D.

Professora da Universidade de Brasília

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

lucrecia@unb.br

Marilia Santos Silva

Engenheira Agrônoma, Ph.D.

Pesquisadora, Embrapa Cerrados

marilia@cpac.embrapa.br

Maurício Antônio Lopes

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

mlopes@cenargen.embrapa.br

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

junqueir@cpac.embrapa.br

Pedro Luiz Scheeren

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Trigo

scheeren@cnpt.embrapa.br

Renato Fernando Amábile

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
amabile@cpac.embrapa.br

Sabrina Isabel Costa de Carvalho

Engenheira Agrônoma, M.Sc.
Pesquisadora da Embrapa Hortaliças
sabrina@cnph.embrapa.br

Vera Lúcia dos Santos Machado

Engenheira Agrônoma
Fiscal Federal Agropecuário
SNPC/DEPTA/SDC
vera.machado@agricultura.gov.br

Walter Quadros Ribeiro Júnior

Biólogo, Ph.D.
Pesquisador, Embrapa Trigo/Embrapa Cerrados
walter@cpac.embrapa.br

*Dedicamos este livro aos pesquisadores, professores, estudantes,
extensionistas, empresários e produtores que trabalham em
programas de melhoramento vegetal contribuindo para
a sustentabilidade da agricultura.*

Agradecimentos

Agradecemos às instituições, que por meio de seus profissionais, foram importantes para a elaboração deste livro. Entre elas, merecem destaque a Embrapa Cerrados, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Embrapa Hortaliças, Embrapa Trigo, Embrapa Transferência de Tecnologia, Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa, Universidade de Brasília, Pioneer Sementes e Sistema Nacional de Proteção de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Agradecemos, também, às valiosas parcerias institucionais e patrocinadores como a Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, a Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), a Secretaria de Estado para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (SDCT), a Associação Brasileira de Sementes e Mudanças (Abrasem), Associação Brasileira de Obtentores Vegetais (Braspov) e Pioneer Sementes.

Apresentação

Este livro é um dos produtos científicos do II Encontro da Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas – Regional DF, realizado nos dias 16 e 17 de dezembro de 2008, na Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal. O tema central do evento “Pré-melhoramento, Melhoramento e Pós-melhoramento: estratégias e desafios” foi o escolhido como delineador das principais discussões.

Na programação científica do evento foram discutidos temas relacionados ao estado da arte e as experiências de sucesso do pré-melhoramento, a importância da variabilidade genética no pré-melhoramento, o uso de ferramentas moleculares na genotipagem de germoplasma vegetal, os objetivos e estratégias do melhoramento e, especificamente do melhoramento participativo, o melhoramento genético na graduação e pós-graduação, estratégias e ações da iniciativa privada no pós-melhoramento, as parcerias público-privadas e a abordagem sobre registro e proteção de cultivares.

Este livro registra a memória do II Encontro da SBMP – Regional DF. São abordados temas atuais e futuros relacionados ao melhoramento genético vegetal, contribuindo para a integração e o intercâmbio de conhecimento entre profissionais, formação de novas redes de pesquisa e identificação de novas demandas de pesquisa.

José Robson Bezerra Sereno
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Capítulo 1

A Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas – Regional DF 17

Capítulo 2

Estado da Arte do Pré-melhoramento de Espécies Vegetais 29

Capítulo 3

Pré-melhoramento de Plantas: experiências de sucesso..... 43

Capítulo 4

A Variabilidade Genética e o Pré-melhoramento 63

Capítulo 5

Genotipagem de Coleções de Germoplasma Vegetal 75

Capítulo 6

Objetivos e Estratégias do Melhoramento de Plantas em Projetos de
Pesquisa 91

Capítulo 7

Estado da Arte e Estratégias do Melhoramento Participativo:
o exemplo da mandioca no Cerrado 107

Capítulo 8

O Melhoramento Genético na Graduação e Pós-graduação 125

Capítulo 9

Parcerias Público-Privadas e Projetos em Rede: o exemplo com a cultura da soja 141

Capítulo 10

Estratégias e Ações da Iniciativa Privada no Pós-melhoramento: experiência da Pioneer Sementes 153

Capítulo 11

Abordagem sobre Proteção e Registro de Cultivares 165



**A SOCIEDADE BRASILEIRA DE
MELHORAMENTO DE PLANTAS
– REGIONAL DF**

A Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas – Regional DF

*Austeclínio Lopes de Farias Neto
Walter Quadros Ribeiro Júnior
Fábio Gelape Faleiro*

Introdução

O melhoramento de plantas pode ser definido de forma clássica como “a ciência e a arte de modificar as plantas para o benefício humano” (BORÉM, 1997; BERNARDO, 2002). Trata-se de uma ciência multidisciplinar, que aplica os princípios da genética para o desenvolvimento de cultivares melhoradas para utilização humana e animal, utilizando-se de conhecimentos de agronomia, botânica, genética, genética molecular, citogenética, fisiologia, patologia, entomologia, bioquímica e estatística (SCHLEGEL, 2003). Atualmente, os conhecimentos relacionados a negócios e à propriedade intelectual têm assumido grande importância dentro dos programas de melhoramento de plantas.

O melhoramento de plantas abrange, portanto, desde a domesticação de genótipos selvagens para obter cultivares para cultivo, até o uso de tecnologias avançadas para o desenvolvimento de cultivares melhoradas. Como ciência, começou logo após a redescoberta das leis de Mendel no começo do século XX. Deste então, vem evoluindo em diferentes áreas, permitindo aos melhoristas aumentarem a eficiência na seleção e explorar mais racionalmente os recursos genéticos. A contribuição do melhoramento de plantas no plano mundial é inegável, respondendo por cerca de 50 % dos aumentos em produtividade nas espécies cultivadas (FEHR, 1984).

O melhoramento de plantas tem contribuído de forma significativa no aumento da produção brasileira de plantas cultivadas, assim como, para a redução dos custos de produção destas culturas e para a incorporação de novas áreas de produção (RAMALHO, 2004). O melhoramento de plantas de diversas espécies produtoras de grãos, fibras, frutos e energia, foi fundamental para a ocupação agrícola da região, por meio da criação de cultivares adaptadas à Região do Cerrado. Hoje, esta região é responsável por quantidades significativas da produção nacional de carne, da soja, de milho, do feijão, do algodão, do

arroz e do café, entre outras culturas. O melhoramento é um processo contínuo e vibrante, com capacidade de se reinventar, absorvendo novas técnicas científicas e metodologias modernas, na busca do desenvolvimento de cultivares que contribuam para uma agricultura sustentável combinando produtividade, qualidade nutricional, adaptação a estresses bióticos e abióticos, manejo de solo e manejo integrado de pragas, dentre outros.

A Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas

A Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas (SBMP) é uma associação civil, de caráter científico, sem fins lucrativos, não se ocupando com questões político-partidárias e religiosas, fundada em 2 de março de 1999, em Viçosa, Minas Gerais. A criação da SBMP, antiga aspiração da comunidade científica nacional, foi discutida e deliberada durante o BLOWORK II, realizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), entre os dias 2 e 3 de março de 1999.

Esta Sociedade surge com grande capacidade agregadora e, para tanto, já organizou quatro congressos (2001, 2003, 2005 e 2007), a revista científica (Crop Breeding and Applied Biotechnology – CBAB) e o catálogo dos melhoristas brasileiros. O crescimento da sociedade é notório. Aos 113 sócio-fundadores, somaram-se mais quatro centenas de sócios. Atualmente, a SBMP reúne mais de 500 sócios.

Com base em seu estatuto (SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2008), a SBMP tem os seguintes objetivos:

- a) Promover o desenvolvimento da área de melhoramento de plantas no País.
- b) Congregar e efetuar o intercâmbio científico daqueles que se dedicam à pesquisa, ao ensino e às atividades relacionadas com o melhoramento de plantas.
- c) Fazer-se representar e assessorar organismos governamentais e outras instituições em assuntos relacionados ao melhoramento de plantas.
- d) Instituir e promover a concessão de prêmios patrocinados para estímulo à produção científica em nível de graduação e pós-graduação em seus congressos, e também a melhoristas por relevantes serviços no ensino, pesquisa e extensão na área.

- e) Orientar as atividades relacionadas ao exercício profissional no campo do melhoramento de plantas.
- f) Promover, estimular e patrocinar cursos de especialização, extensão universitária para a formação de melhoristas.
- g) Publicar a revista científica, órgão oficial da entidade, e outras publicações.
- h) Estimular a divulgação de conhecimentos na área com a publicação de livros, monografias, boletins, filmes e outros.
- i) Estimular a melhoria do ensino na área em todos os níveis.

Para alcançar tais objetivos, a SBMP tem promovido o intercâmbio com organismos governamentais e não-governamentais, nacionais e internacionais, e realizado eventos científicos no plano nacional e regional. Ademais, a SBMP tem uma home-page oficial (Fig. 1) onde podem ser acessados o estatuto, as novas cultivares, as circulares, o jornal de notícias da SBMP e a Revista Científica da SBMP Crop Breeding and Applied Biotechnology. Os interessados em se associar à revista também podem fazer o processo on line na home-page da sociedade.

O fortalecimento da revista Crop Breeding and Applied Biotechnology é um importante objetivo da SBMP. A revista é indexada no AGRIS da FAO, CAB International Abstracts, Periódica, Scopus, Chemical Abstracts Service, Agrobase e no Acervo Documental da Embrapa. Na revista são publicados artigos científicos originais que contribuem com o desenvolvimento científico e tecnológico do melhoramento de plantas e da agricultura. São artigos de pesquisas básicas e aplicadas ao melhoramento de plantas anuais e perenes, nas áreas de genética, conservação de germoplasma, biotecnologia, genômica, citogenética, estatística experimental, sementes, qualidade alimentar, estresses bióticos e abióticos e áreas relacionadas. Além dos artigos, são publicados revisões, pontos de vista, cartas, lançamento de cultivares, notas, programas de melhoramento de plantas e comentários sobre livros lançados. Todas as publicações são divulgadas em inglês. Os autores que publicam na CBAB podem enviar e revisar seus artigos de forma digital. O tempo médio para a publicação é de 4 meses e os artigos são disponibilizados em formato pdf na home-page oficial da revista <http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/> (Fig. 2).

Fig. 1. Site oficial da Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas. <http://www.sbmp.org.br/>



Fig. 2. Home-page oficial da Revista Crop Breeding and Applied Biotechnology.



<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/>

O Melhoramento de Plantas no Distrito Federal

A agricultura do Distrito Federal é bastante tecnicizada e insere-se, totalmente, no Bioma Cerrado que é a segunda maior formação vegetal brasileira e a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade. No Distrito Federal estão sediadas diversas instituições de pesquisa agropecuária, tais como as unidades Embrapa Cerrados, Embrapa Recursos genéticos e Biotecnologia, Embrapa Hortaliças, Embrapa Transferência de Tecnologia e as Universidades públicas e privadas como, a Universidade de Brasília, Universidade Católica de Brasília, entre outras, além das empresas privadas que trabalham com o melhoramento genético vegetal.

No Distrito Federal, existe uma gama de cientistas, técnicos, professores e estudantes bastante significativa, com relevantes trabalhos prestados à agricultura nacional. Convém lembrar que várias cultivares importantes de soja, hortaliças, forrageiras, fruteiras tropicais, entre outras, foram geradas com importante participação de cientistas do Distrito

Federal. Outra contribuição importante dos cientistas do DF está relacionada aos inúmeros livros sobre a temática genética e melhoramento, lançados nos últimos anos.

É importante a realização de fóruns de discussão para o intercâmbio de conhecimento entre os cientistas; a formação de novas redes de pesquisa; e a identificação de novas demandas para as pesquisas sobre genética e melhoramento vegetal para a região. Nesse sentido, assumem grande importância os encontros regionais da SBMP.

O I Encontro da Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas – Regional DF

A primeira reunião da regional DF da SBMP foi realizada de 16 a 18 de novembro de 2005, na Universidade Católica de Brasília (UCB). O tema central escolhido para direcionar as discussões foi “Recursos genéticos e melhoramento vegetal no Distrito Federal e entorno”.

Foram apresentadas nove palestras com a temática sobre recursos genéticos, fomento à pesquisa na área de recursos genéticos e melhoramento vegetal, legislação de acesso ao patrimônio genético e sobre a proteção de cultivares e o melhoramento visando a resistência às doenças, a adaptabilidade e a qualidade nutricional. Foram, também, realizadas quatro mesas redondas sobre recursos genéticos de importância para o DF e entorno, intercâmbio de germoplasma, atividades de pré-melhoramento e melhoramento vegetal para as condições do Cerrado e sobre o uso de marcadores moleculares.

Para registrar a memória do I Encontro da SBMP – Regional DF, foi editado um documento, onde foram publicados os resumos expandidos de todas as palestras apresentadas, além de 59 resumos sobre os trabalhos apresentados no evento em forma de pôsteres (ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO DE PLANTAS REGIONAL DF, 2005). Esse primeiro encontro foi realizado com muito sucesso. Diversos temas foram discutidos, levantando-se a necessidade da periodicidade do encontro, considerando a importância quantitativa e qualitativa dos geneticistas e melhoristas que trabalham no Distrito Federal.

O II Encontro da Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas – Regional DF

Nos dias 16 e 17 de dezembro de 2008, a SBMP e a Embrapa Cerrados organizaram o II Encontro da SBMP – Regional DF. O tema central escolhido para direcionar as discus-

sões foi “Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios”. O objetivo geral do encontro foi discutir tais estratégias e desafios contribuindo para a integração e intercâmbio de conhecimento, a formação de novas redes de pesquisa e a identificação de novas demandas para as pesquisas.

Foram realizadas apresentações sobre o estado da arte e as experiências de sucesso do pré-melhoramento, a importância da variabilidade genética no pré-melhoramento, o uso de ferramentas moleculares como suporte ao pré-melhoramento e melhoramento, os objetivos e estratégias do melhoramento e, especificamente, do melhoramento participativo, o melhoramento genético na graduação e pós-graduação, as perspectivas do melhoramento e pós-melhoramento na Embrapa e na iniciativa privada, as parcerias público-privadas e os sistemas de produção de mudas e sementes e de registro e proteção de cultivares.

Para registrar a memória do II Encontro da SBMP – Regional DF, foi trabalhada um home-page oficial do evento (Fig. 3) e editado este livro intitulado “Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: desafios e estratégias”.



Fig. 3. Home-page oficial do II Encontro da SBMP – Regional DF.

<http://melhoramentodf.cpac.embrapa.br/>

O Tema Central “Pré-melhoramento, Melhoramento e Pós-melhoramento: desafios e estratégias”

O melhoramento genético de plantas para o Brasil Central visando à produção de grãos, fibras, frutos, energia e outros, tem promovido o aumento de produtividade das principais culturas, como, soja, milho, trigo, algodão, fruteiras, cana de açúcar, entre outras. Entretanto, ainda há a possibilidade de um aumento maior de produtividade e diminuição de custos, por exemplo, com materiais rústicos tolerantes às doenças e às pragas, e fatores abióticos como seca, alta temperatura, entre outras características. Adicionalmente, uma maior qualidade nutricional e industrial é altamente desejável e tornaria os produtos mais atraentes em um mercado competitivo. Os novos cenários relacionados às mudanças climáticas globais, uso de áreas marginais e novos sistemas de cultivo baseados na integração lavoura-pecuária-floresta vão demandar novas cultivares com características específicas e alto desempenho agrônômico.

Além dos cultivos tradicionais, o melhoramento deve viabilizar outras opções de cultivos, tornando o sistema mais diversificado e sustentável. Para isso, os programas de melhoramento genético de plantas assumem grande importância. Atividades de pré-melhoramento e pós-melhoramento têm sido discutidas e sugeridas para aumentar a eficiência dos programas de melhoramento ou mesmo para resolver problemas decorrentes do estreitamento da base genética de certas culturas.

As atividades de pré-melhoramento envolvem a identificação de genes e características de interesse em germoplasma exótico ou em populações que não foram submetidas a qualquer processo de melhoramento (parentes silvestres e raças locais), e sua posterior incorporação em materiais-elites agronomicamente adaptados (NASS; PATERNIANI, 2000). O valor dos recursos genéticos é enorme e sua conservação, caracterização e uso são fundamentais para os programas de melhoramento, principalmente para espécies cultivadas que apresentam base genética estreita. As atividades de pré-melhoramento são de grande importância para subsidiar a utilização prática dos recursos genéticos e ampliar a base genética dos programas de melhoramento (DUVICK, 1990; NASS; PATERNIANI, 2000). Tais atividades assumem maior importância para caracteres com insuficiente variabilidade genética em materiais já melhorados ou em germoplasma elite. Nesse sentido, para maximizar o sucesso dos programas de pré-melhoramento, é essencial a integração de suas atividades com as atividades e demandas dos programas de melhoramento e pós-melhoramento.

É importante relatar que, as atividades de melhoramento relacionadas aos métodos de seleção e recombinação são o eixo principal de qualquer programa. Tais atividades são indispensáveis, mesmo quando se pensa em obter plantas geneticamente modificadas via engenharia genética. Os avanços em áreas como a biologia, bioquímica, genética molecular, mecanização, informática, entre outras, podem contribuir, cada vez mais, de forma decisiva para as atividades de melhoramento. Para a identificação, a seleção e a introgressão de novos genes, o uso de técnicas moleculares, desde a seleção assistida por marcadores moleculares, até plantas geneticamente modificadas, mostram-se como ferramentas importantes. Espera-se que estas técnicas sejam, gradativamente, incorporadas à rotina do melhoramento, sendo utilizadas de forma prática e aplicadas no desenvolvimento de novos produtos tecnológicos.

Para que estas tecnologias ou materiais genéticos melhorados sejam utilizados pelos produtores, são fundamentais as atividades de pós-melhoramento envolvendo a validação de cultivares para diferentes agroecossistemas e, também, ações fundamentais de transferência de tecnologia. Tais atividades abrangem o conhecimento detalhado do comportamento de cada cultivar nos diferentes ambientes de cultivo, o processo sistematizado de produção de sementes e mudas e as ações de marketing e vendas. Essas atividades vão garantir a recomendação correta e regionalizada das cultivares e a excelência na qualidade genética, física e fisiológica do material propagativo, contribuindo para que a tecnologia gerada alcance os produtores de forma eficiente. Há muito tempo, a semente ou a muda deixou de ser apenas um meio de propagação ou multiplicação, para ser um veículo para a introdução, divulgação e adoção de tecnologia.

Os termos “pré-melhoramento” e “pós-melhoramento”, às vezes, têm recebido crítica por parte dos melhoristas. Afinal de contas, tais atividades são intrínsecas dos programas de melhoramento, ou seja, são atividades de melhoramento. Tais termos estão sendo encontrados em muitos trabalhos científicos nacionais e internacionais. O mais importante é entender que as atividades de pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento podem ser divididas, didaticamente, mas não devem ser trabalhadas de forma fragmentada. A união e a interação entre essas atividades são fundamentais para que os programas de melhoramento genético alcancem seus objetivos e metas, que, invariavelmente, têm contribuído para a sustentabilidade da agricultura e do ambiente e para a melhoria da qualidade de vida das pessoas que vivem no campo e na cidade.

Considerações Finais

A Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas vai completar dez anos em 2009. Grandes conquistas foram obtidas, mas ainda são muitos os desafios. A SBMP – Regional DF e as demais regionais têm assumido um papel cada vez mais importante para que a SBMP atinja seus objetivos. É importante o fortalecimento da SBMP e da SBMP – Regional DF. Tal fortalecimento será conseguido com a melhoria contínua da Revista *Crop Breeding and Applied Biotechnology* e com a realização de Congressos Brasileiros e Encontros Regionais com alta qualidade técnica e organizacional. Estes e outros benefícios farão com que novos profissionais ligados à genética e melhoramento de plantas do DF e outras regiões do Brasil se associem à SBMP, contribuindo para seu crescimento e representatividade.

Referências

- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Minneapolis: Stemma Press, 2002. 369 p.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547 p.
- DUVICK, D. N. Genetic enhancement and plant breeding. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Ed.). **Advances in new crops**. Portland: Timber Press, 1990. p. 90-96.
- ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO DE PLANTAS REGIONAL DF, 1., 2005, Brasília, DF. [**Anais...**]. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. 165 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 144).
- FEHR, W. R. (Ed.). **Genetic contributions to yield gains of five major crop plants**. Madison: Crop Science Society of America, 1984.
- NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 581-587, 2000.
- RAMALHO, M. P. Genetic Improvement and agribusiness in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, p. 127-134, 2004.
- SCHLEGEL, R. H. J. **Dictionary of plant breeding**. New York: Food Products Press, 2003.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO DE PLANTAS. **Estatuto da Associação Brasileira de Melhoramento de Plantas**. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/estatuto/?id=73>>. Acesso em: 27 nov. 2008.



ESTADO DA ARTE DO PRÉ-MELHORAMENTO DE ESPÉCIES VEGETAIS



Estado da Arte do Pré-melhoramento de Espécies Vegetais

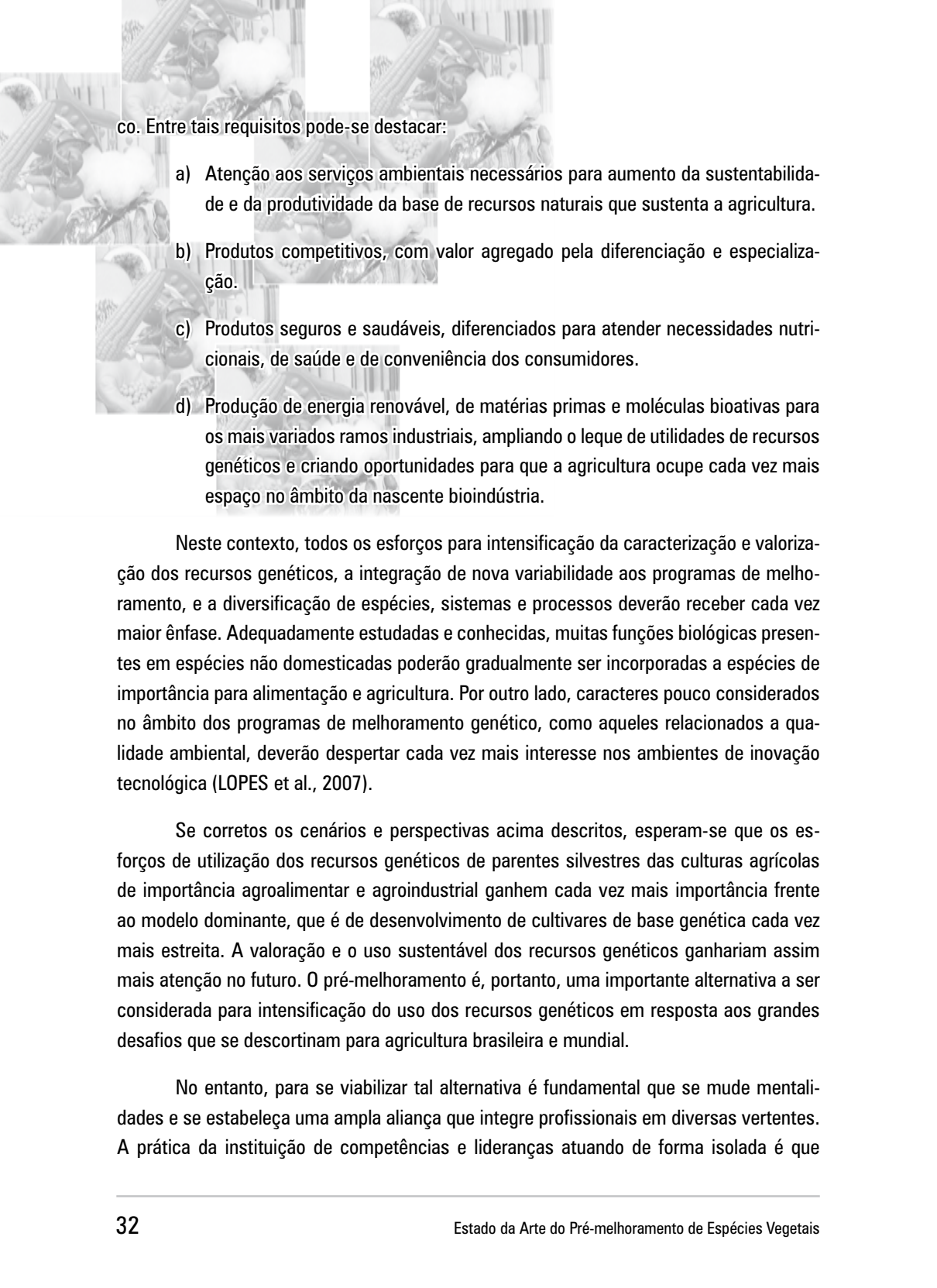
*Alessandra Pereira Fávero
Maurício Antônio Lopes
Fábio Gelape Faleiro*

Introdução

A busca do desenvolvimento sustentável representa um dos maiores desafios para a humanidade e, em especial, para o Brasil. Ao longo de séculos, o modelo de desenvolvimento no país tem evoluído do extrativismo e da agricultura de subsistência para uma exploração agroindustrial intensa, com a aplicação de tecnologias modernas e, em muitos casos, com ocupação e utilização desordenada dos recursos do ambiente, o que coloca em risco a rica base de recursos naturais do Brasil.

A grande pressão da agricultura sobre o meio ambiente indica que é preciso buscar um novo patamar de conhecimento, um novo paradigma científico e tecnológico, a fim de romper estes limites, em especial na região tropical do globo, onde estão os ambientes mais desafiadores para a agricultura, além das nações mais pobres. Ainda, é possível que a velocidade das mudanças globais, reduzam a eficiência dos métodos convencionais de inovação agropecuária, como o melhoramento genético, nutrição mineral, controle de pragas, plantio direto, etc, que tem sido, até aqui, o principal instrumento de adaptação dos organismos utilizados na agricultura. A intensidade das mudanças previstas nos dá a certeza de que novos métodos e processos de adaptação de plantas a ambientes cada vez mais desafiadores terão que ser desenvolvidos.

Ademais, os padrões tecnológicos do agronegócio mundial começam a ser alterados substancialmente pela introdução de novas tecnologias resultantes de avanços recentes do conhecimento científico. Um novo acervo de conhecimentos começa a desenhar uma agricultura não somente voltada para a produção de alimentos, mas também para atendimento de um conjunto de requisitos que deve conformar um novo padrão tecnológi-



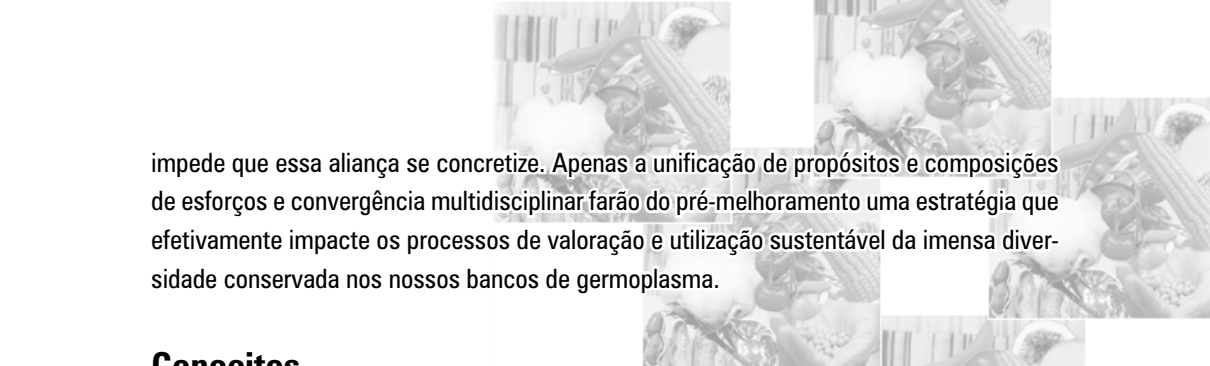
co. Entre tais requisitos pode-se destacar:

- a) Atenção aos serviços ambientais necessários para aumento da sustentabilidade e da produtividade da base de recursos naturais que sustenta a agricultura.
- b) Produtos competitivos, com valor agregado pela diferenciação e especialização.
- c) Produtos seguros e saudáveis, diferenciados para atender necessidades nutricionais, de saúde e de conveniência dos consumidores.
- d) Produção de energia renovável, de matérias primas e moléculas bioativas para os mais variados ramos industriais, ampliando o leque de utilidades de recursos genéticos e criando oportunidades para que a agricultura ocupe cada vez mais espaço no âmbito da nascente bioindústria.

Neste contexto, todos os esforços para intensificação da caracterização e valorização dos recursos genéticos, a integração de nova variabilidade aos programas de melhoramento, e a diversificação de espécies, sistemas e processos deverão receber cada vez maior ênfase. Adequadamente estudadas e conhecidas, muitas funções biológicas presentes em espécies não domesticadas poderão gradualmente ser incorporadas a espécies de importância para alimentação e agricultura. Por outro lado, caracteres pouco considerados no âmbito dos programas de melhoramento genético, como aqueles relacionados a qualidade ambiental, deverão despertar cada vez mais interesse nos ambientes de inovação tecnológica (LOPES et al., 2007).

Se corretos os cenários e perspectivas acima descritos, esperam-se que os esforços de utilização dos recursos genéticos de parentes silvestres das culturas agrícolas de importância agroalimentar e agroindustrial ganhem cada vez mais importância frente ao modelo dominante, que é de desenvolvimento de cultivares de base genética cada vez mais estreita. A valoração e o uso sustentável dos recursos genéticos ganhariam assim mais atenção no futuro. O pré-melhoramento é, portanto, uma importante alternativa a ser considerada para intensificação do uso dos recursos genéticos em resposta aos grandes desafios que se descortinam para agricultura brasileira e mundial.

No entanto, para se viabilizar tal alternativa é fundamental que se mude mentalidades e se estabeleça uma ampla aliança que integre profissionais em diversas vertentes. A prática da instituição de competências e lideranças atuando de forma isolada é que



impede que essa aliança se concretize. Apenas a unificação de propósitos e composições de esforços e convergência multidisciplinar farão do pré-melhoramento uma estratégia que efetivamente impacte os processos de valoração e utilização sustentável da imensa diversidade conservada nos nossos bancos de germoplasma.

Conceitos

A palavra pré-melhoramento foi traduzida a partir de termos vindos do inglês como *pre-breeding*, *introgression breeding*, *genetic base broadening* ou *germplasm enhancement*. Pode-se definir pré-melhoramento como sendo os programas que visam à identificação de genes e características de interesse em germoplasma exótico ou em populações que não foram submetidas a qualquer processo de melhoramento (parentes silvestres e raças locais), e sua posterior incorporação em materiais elites agronomicamente adaptados (NASS; PATERNIANI, 2000). Chama-se de exótico germoplasma como parentes silvestres, populações locais (*landraces*), cultivares obsoletas, linhas avançadas do melhoramento, mutantes e outros. Uma outra definição poderia ser a transferência ou introgressão de genes e combinações de genes a partir de germoplasma não-adaptado em materiais de melhoramento (ORTIZ, 2002).

Pode-se dizer então que o pré-melhoramento é a “ponte” entre as atividades de recursos genéticos e os programas de melhoramento (NASS et al., 2001). É usado para definir a fase do desenvolvimento do germoplasma em materiais mais atrativos aos melhoristas. Contudo, o conceito de pré-melhoramento pode também variar de acordo com a espécie. O que é pré-melhoramento em espécies anuais, como feijão ou maracujá, pode ser considerado melhoramento em espécies perenes, como no eucalipto.

Para o futuro, no entanto, é importante pensar em conceitos mais inclusivos, reconheçam o surgimento de novas oportunidades para utilização de variabilidade genética, bem como novos usuários que buscam recursos “customizados” para diferentes fins. Em sintonia com esta visão poder-se-ia conceituar o pré-melhoramento como atividades orientadas para a identificação de características, funções biológicas, genes ou conjuntos gênicos desejáveis, em materiais não adaptados, semi-adaptados ou que não sofreram nenhuma forma de seleção, e sua mobilização para materiais potencialmente úteis a diferentes usuários de variabilidade genética. Este conceito abre perspectivas para se identificar e “customizar” variabilidade para atendimento às necessidades de múltiplos usuários.

A dificuldade em realizar as atividades de pré-melhoramento dependerá da similaridade entre os materiais que estão envolvidos como genitores. Na Fig. 1 podem ser observados os conjuntos gênicos de acordo com Harlan e De Wet (1971). Quando os genitores são do mesmo conjunto gênico, é possível o cruzamento entre eles gerando descendentes férteis (GP1). Quando há dificuldade de cruzamentos, muitas vezes entre espécies distintas, há a geração de híbridos parcialmente férteis (GP2). Já em casos em que a transferência é impossível (GP3), necessita-se de técnicas como a transgenia para introgridir os genes de uma espécie tão distante para a espécie cultivada.

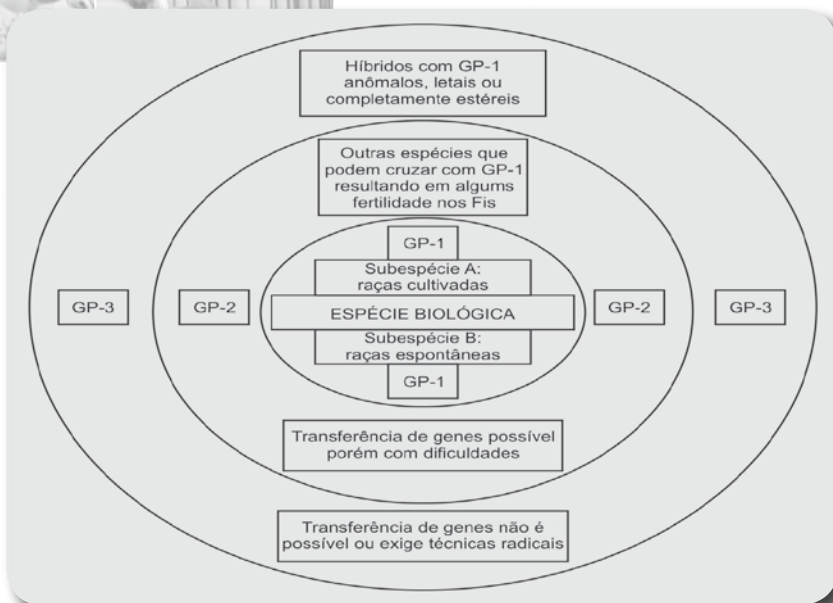
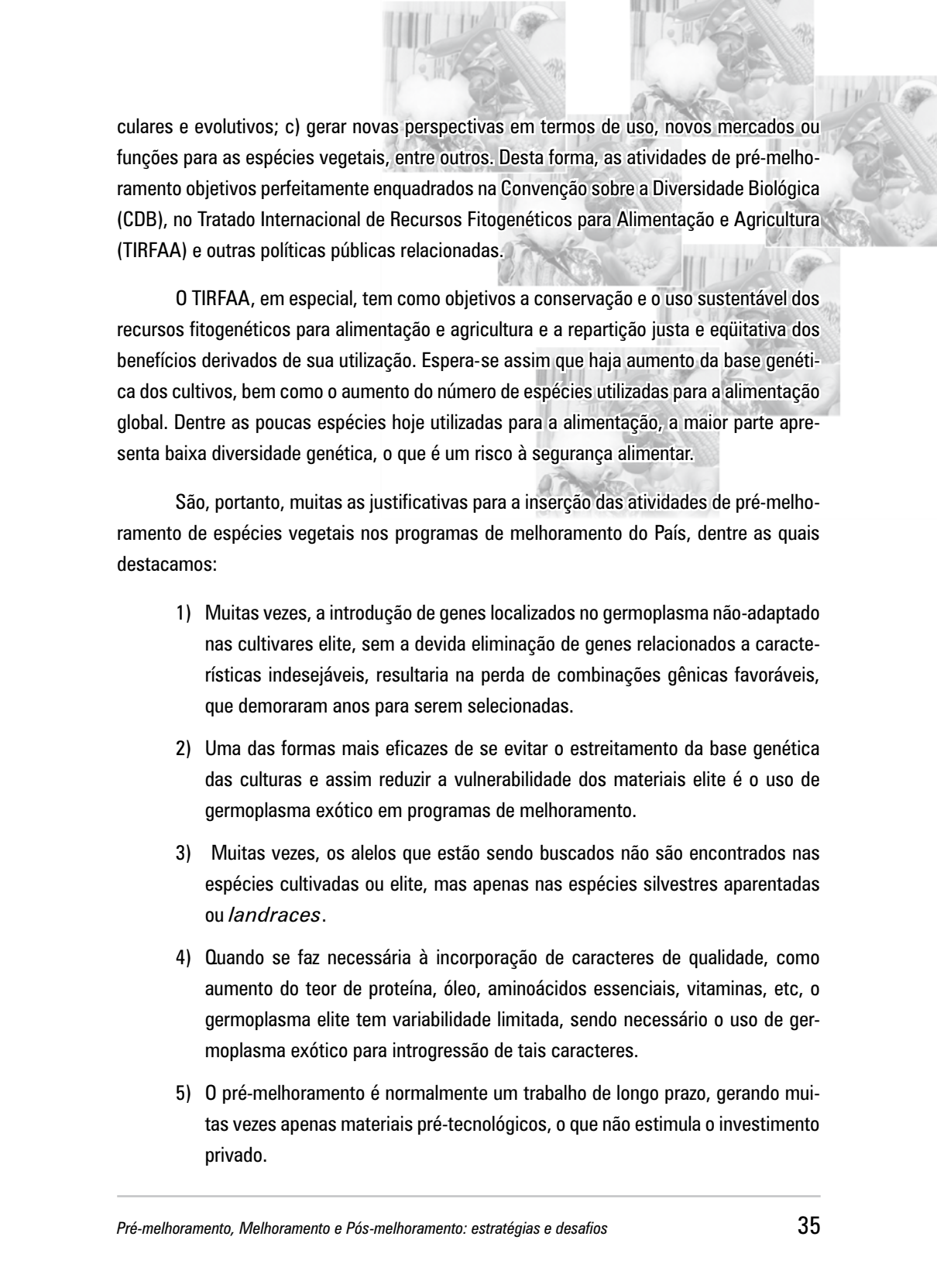


Fig. 1. Conjuntos gênicos primário (GP1), secundário (GP2) e terciário (GP3), segundo Harlan e De Wet (1971), extraído de Nass et al. (2001).

Em que o pré-melhoramento se distingue do melhoramento? Segundo Duvick (1990), o conceito de pré-melhoramento levanta o problema da vulnerabilidade genética e esta acaba sendo é um produto de um programa de melhoramento genético de sucesso.

Por que Realizar Atividades de Pré-melhoramento?

Por meio da valoração e do uso do germoplasma é possível: a) auxiliar programas de melhoramento na ampliação da base genética das culturas; b) realizar estudos mole-




culares e evolutivos; c) gerar novas perspectivas em termos de uso, novos mercados ou funções para as espécies vegetais, entre outros. Desta forma, as atividades de pré-melhoramento objetivos perfeitamente enquadrados na Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB), no Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para Alimentação e Agricultura (TIRFAA) e outras políticas públicas relacionadas.

O TIRFAA, em especial, tem como objetivos a conservação e o uso sustentável dos recursos fitogenéticos para alimentação e agricultura e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados de sua utilização. Espera-se assim que haja aumento da base genética dos cultivos, bem como o aumento do número de espécies utilizadas para a alimentação global. Dentre as poucas espécies hoje utilizadas para a alimentação, a maior parte apresenta baixa diversidade genética, o que é um risco à segurança alimentar.

São, portanto, muitas as justificativas para a inserção das atividades de pré-melhoramento de espécies vegetais nos programas de melhoramento do País, dentre as quais destacamos:

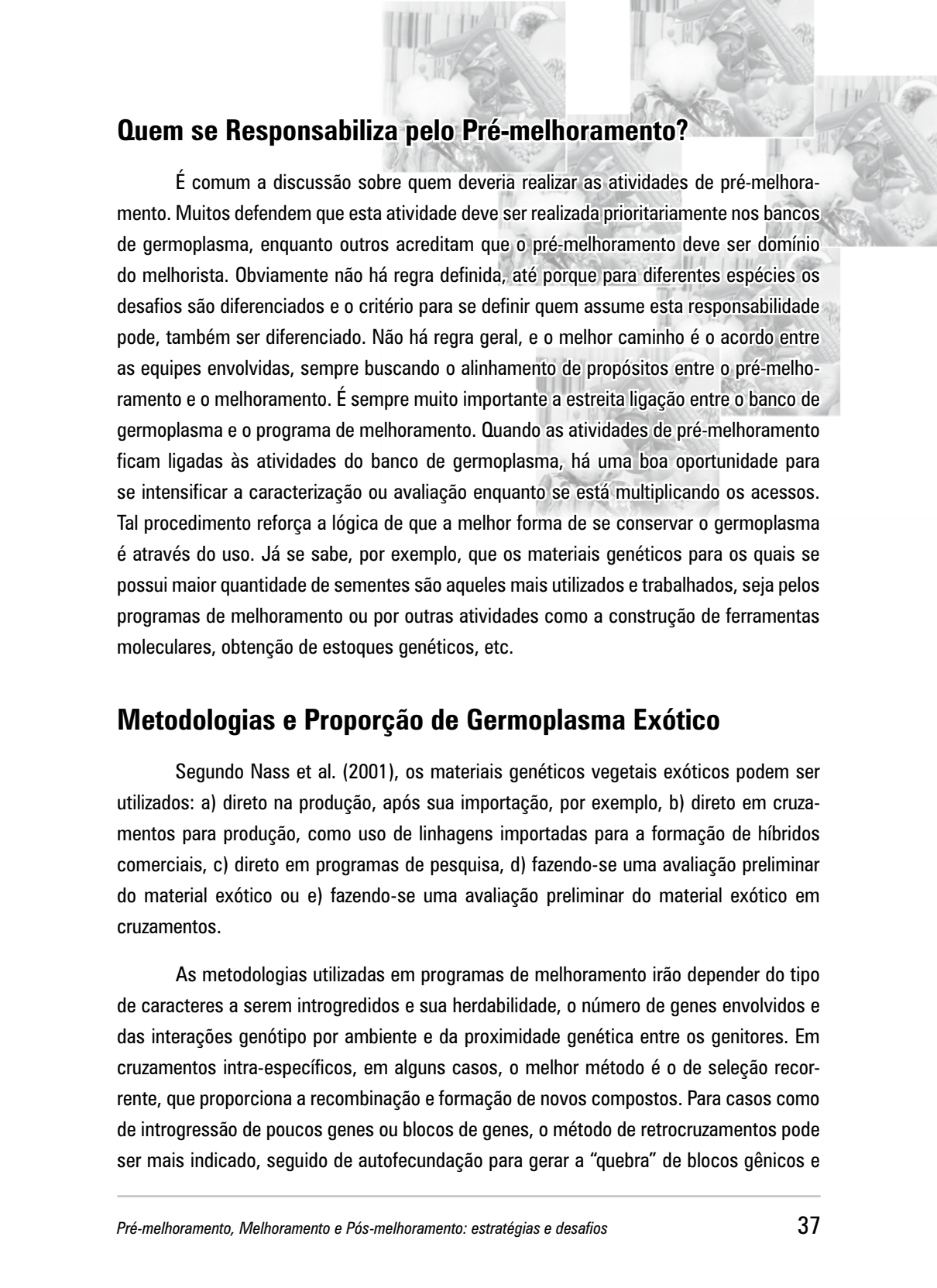
- 1) Muitas vezes, a introdução de genes localizados no germoplasma não-adaptado nas cultivares elite, sem a devida eliminação de genes relacionados a características indesejáveis, resultaria na perda de combinações gênicas favoráveis, que demoraram anos para serem selecionadas.
- 2) Uma das formas mais eficazes de se evitar o estreitamento da base genética das culturas e assim reduzir a vulnerabilidade dos materiais elite é o uso de germoplasma exótico em programas de melhoramento.
- 3) Muitas vezes, os alelos que estão sendo buscados não são encontrados nas espécies cultivadas ou elite, mas apenas nas espécies silvestres aparentadas ou *landraces*.
- 4) Quando se faz necessária à incorporação de caracteres de qualidade, como aumento do teor de proteína, óleo, aminoácidos essenciais, vitaminas, etc, o germoplasma elite tem variabilidade limitada, sendo necessário o uso de germoplasma exótico para introgressão de tais caracteres.
- 5) O pré-melhoramento é normalmente um trabalho de longo prazo, gerando muitas vezes apenas materiais pré-tecnológicos, o que não estimula o investimento privado.

- 
- 6) O pré-melhoramento abre perspectivas de criação de novos materiais com características e funcionalidades distintas das originais, como alimentos biofortificados, ornamentais, fontes de energia limpa, componentes para a bioindústria, e outros.

Muitas vezes as populações exóticas possuem baixa produtividade ou outros caracteres indesejáveis, não pela baixa adaptabilidade, mas pela depressão por endogamia (NASS et al., 2001). Este material ao ser cruzado com uma cultivar elite pode gerar híbridos com alta heterose, o que é muito interessante aos programas de melhoramento.

Sabe-se que, de acordo com Paterniani (1988), que das 300 espécies utilizadas regularmente na agricultura, apenas 15 delas são responsáveis por 90% de toda a alimentação humana. E, devido ao intenso melhoramento sofrido pelas espécies mais importantes para a alimentação humana, há um natural estreitamento da base genética, que pode colocar em risco a segurança alimentar caso surjam desafios e riscos para os quais não exista variabilidade que permita pronta resposta. O pré-melhoramento é, portanto, um dos caminhos para se alterar esta realidade, permitindo o desenvolvimento e a disponibilização de um “pool” adicional de variabilidade que garanta capacidade de resposta na superação de riscos e desafios, bem como alcance de novos patamares de produtividade, qualidade e competitividade aos nossos sistemas produtivos.

Como atividade de longo prazo, o pré-melhoramento precisa ser organizado e gerenciado com o foco no futuro, procurando antever os riscos, desafios e oportunidades para os programas de melhoramento no médio e longo prazos. Esta atividade só terá êxito se embasada em esforço prospectivo, que capte com a melhor precisão possível as necessidades futuras dos seus principais clientes. O futuro deverá desenhar um agronegócio não somente voltado para a produção de alimentos, mas também para atendimento de um conjunto de outras demandas, como a sustentabilidade ambiental e aumento da produtividade da base de recursos naturais; o desenvolvimento de sistemas de produção e conhecimentos científicos e tecnológicos protegidos; a intensificação do uso de sistemas de produção baseados em insumos e processos biológicos; produtos competitivos, com valor agregado pela diferenciação e especialização; a busca da superação de barreiras sanitárias, ambientais e sociais para acesso aos mercados; além da aplicação de todo um novo acervo de conhecimentos, assentados nos avanços das tecnologias da informação e da biotecnologia moderna.



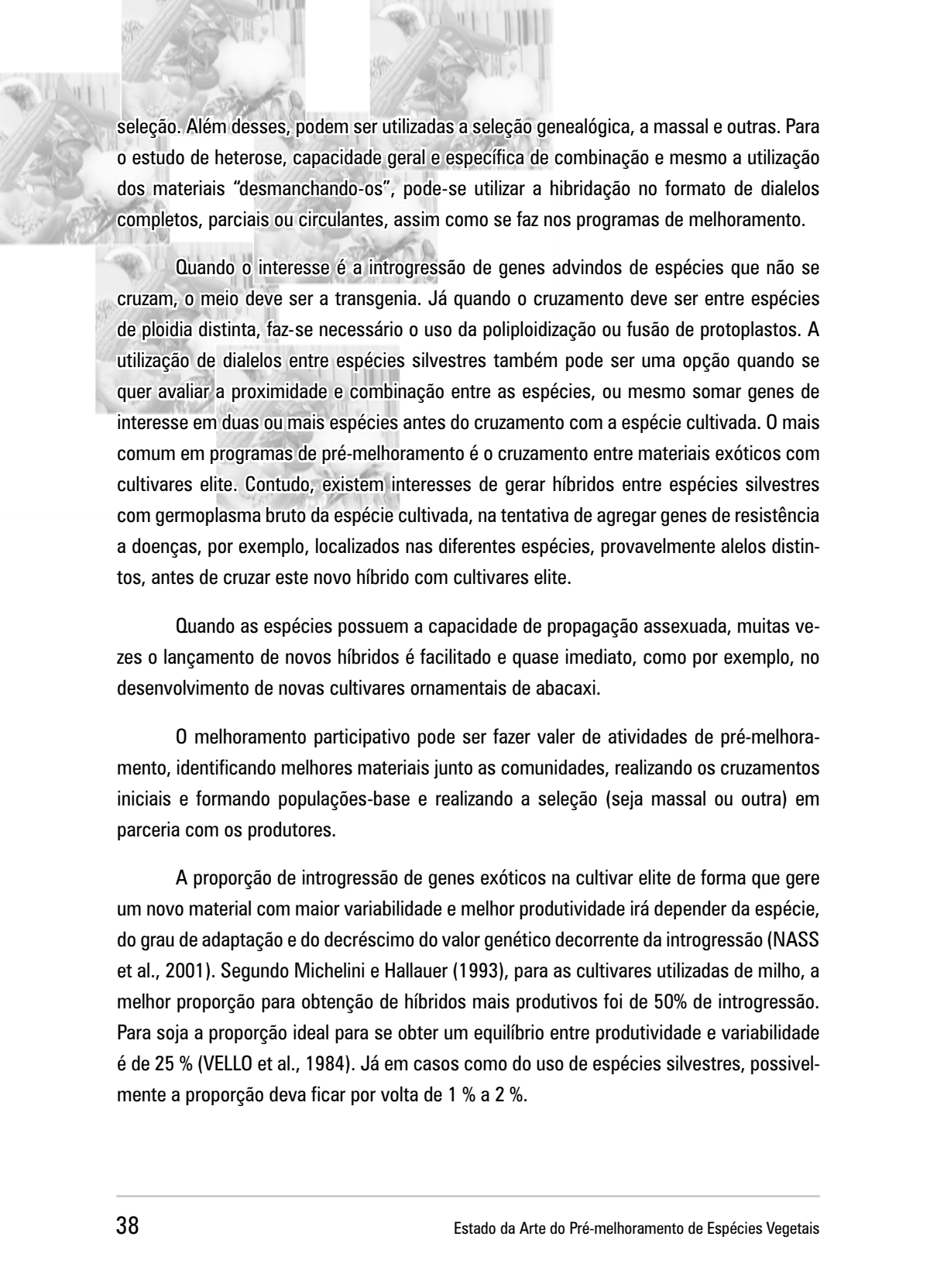
Quem se Responsabiliza pelo Pré-melhoramento?

É comum a discussão sobre quem deveria realizar as atividades de pré-melhoramento. Muitos defendem que esta atividade deve ser realizada prioritariamente nos bancos de germoplasma, enquanto outros acreditam que o pré-melhoramento deve ser domínio do melhorista. Obviamente não há regra definida, até porque para diferentes espécies os desafios são diferenciados e o critério para se definir quem assume esta responsabilidade pode, também ser diferenciado. Não há regra geral, e o melhor caminho é o acordo entre as equipes envolvidas, sempre buscando o alinhamento de propósitos entre o pré-melhoramento e o melhoramento. É sempre muito importante a estreita ligação entre o banco de germoplasma e o programa de melhoramento. Quando as atividades de pré-melhoramento ficam ligadas às atividades do banco de germoplasma, há uma boa oportunidade para se intensificar a caracterização ou avaliação enquanto se está multiplicando os acessos. Tal procedimento reforça a lógica de que a melhor forma de se conservar o germoplasma é através do uso. Já se sabe, por exemplo, que os materiais genéticos para os quais se possui maior quantidade de sementes são aqueles mais utilizados e trabalhados, seja pelos programas de melhoramento ou por outras atividades como a construção de ferramentas moleculares, obtenção de estoques genéticos, etc.

Metodologias e Proporção de Germoplasma Exótico

Segundo Nass et al. (2001), os materiais genéticos vegetais exóticos podem ser utilizados: a) direto na produção, após sua importação, por exemplo, b) direto em cruzamentos para produção, como uso de linhagens importadas para a formação de híbridos comerciais, c) direto em programas de pesquisa, d) fazendo-se uma avaliação preliminar do material exótico ou e) fazendo-se uma avaliação preliminar do material exótico em cruzamentos.

As metodologias utilizadas em programas de melhoramento irão depender do tipo de caracteres a serem introgrididos e sua herdabilidade, o número de genes envolvidos e das interações genótipo por ambiente e da proximidade genética entre os genitores. Em cruzamentos intra-específicos, em alguns casos, o melhor método é o de seleção recorrente, que proporciona a recombinação e formação de novos compostos. Para casos como de introgressão de poucos genes ou blocos de genes, o método de retrocruzamentos pode ser mais indicado, seguido de autofecundação para gerar a “quebra” de blocos gênicos e



seleção. Além desses, podem ser utilizadas a seleção genealógica, a massal e outras. Para o estudo de heterose, capacidade geral e específica de combinação e mesmo a utilização dos materiais “desmanchando-os”, pode-se utilizar a hibridação no formato de diaelos completos, parciais ou circulantes, assim como se faz nos programas de melhoramento.

Quando o interesse é a introgressão de genes advindos de espécies que não se cruzam, o meio deve ser a transgenia. Já quando o cruzamento deve ser entre espécies de ploidia distinta, faz-se necessário o uso da poliploidização ou fusão de protoplastos. A utilização de diaelos entre espécies silvestres também pode ser uma opção quando se quer avaliar a proximidade e combinação entre as espécies, ou mesmo somar genes de interesse em duas ou mais espécies antes do cruzamento com a espécie cultivada. O mais comum em programas de pré-melhoramento é o cruzamento entre materiais exóticos com cultivares elite. Contudo, existem interesses de gerar híbridos entre espécies silvestres com germoplasma bruto da espécie cultivada, na tentativa de agregar genes de resistência a doenças, por exemplo, localizados nas diferentes espécies, provavelmente alelos distintos, antes de cruzar este novo híbrido com cultivares elite.

Quando as espécies possuem a capacidade de propagação assexuada, muitas vezes o lançamento de novos híbridos é facilitado e quase imediato, como por exemplo, no desenvolvimento de novas cultivares ornamentais de abacaxi.

O melhoramento participativo pode ser fazer valer de atividades de pré-melhoramento, identificando melhores materiais junto as comunidades, realizando os cruzamentos iniciais e formando populações-base e realizando a seleção (seja massal ou outra) em parceria com os produtores.

A proporção de introgressão de genes exóticos na cultivar elite de forma que gere um novo material com maior variabilidade e melhor produtividade irá depender da espécie, do grau de adaptação e do decréscimo do valor genético decorrente da introgressão (NASS et al., 2001). Segundo Micheline e Hallauer (1993), para as cultivares utilizadas de milho, a melhor proporção para obtenção de híbridos mais produtivos foi de 50% de introgressão. Para soja a proporção ideal para se obter um equilíbrio entre produtividade e variabilidade é de 25 % (VELLO et al., 1984). Já em casos como do uso de espécies silvestres, possivelmente a proporção deva ficar por volta de 1 % a 2 %.

Limitações

São vários os fatores que tornam a utilização de recursos genéticos não adaptados difícil, limitada ou mesmo inviável. Os mais importantes são:

- a) Desconhecimento do potencial de estratégias de mobilização de variabilidade para os programas de melhoramento.
- b) Visão imediatista, centrada em resultados de curto prazo.
- c) Carência de profissionais treinados e preparados para dedicação a programas de longo prazo.
- d) Falta de germoplasma caracterizado, avaliado, documentado e disponível.
- e) Ligação entre genes de interesse e genes indesejáveis.
- f) O marco legal vigente, que limita acesso e uso de espécies nativas ou naturalizadas.

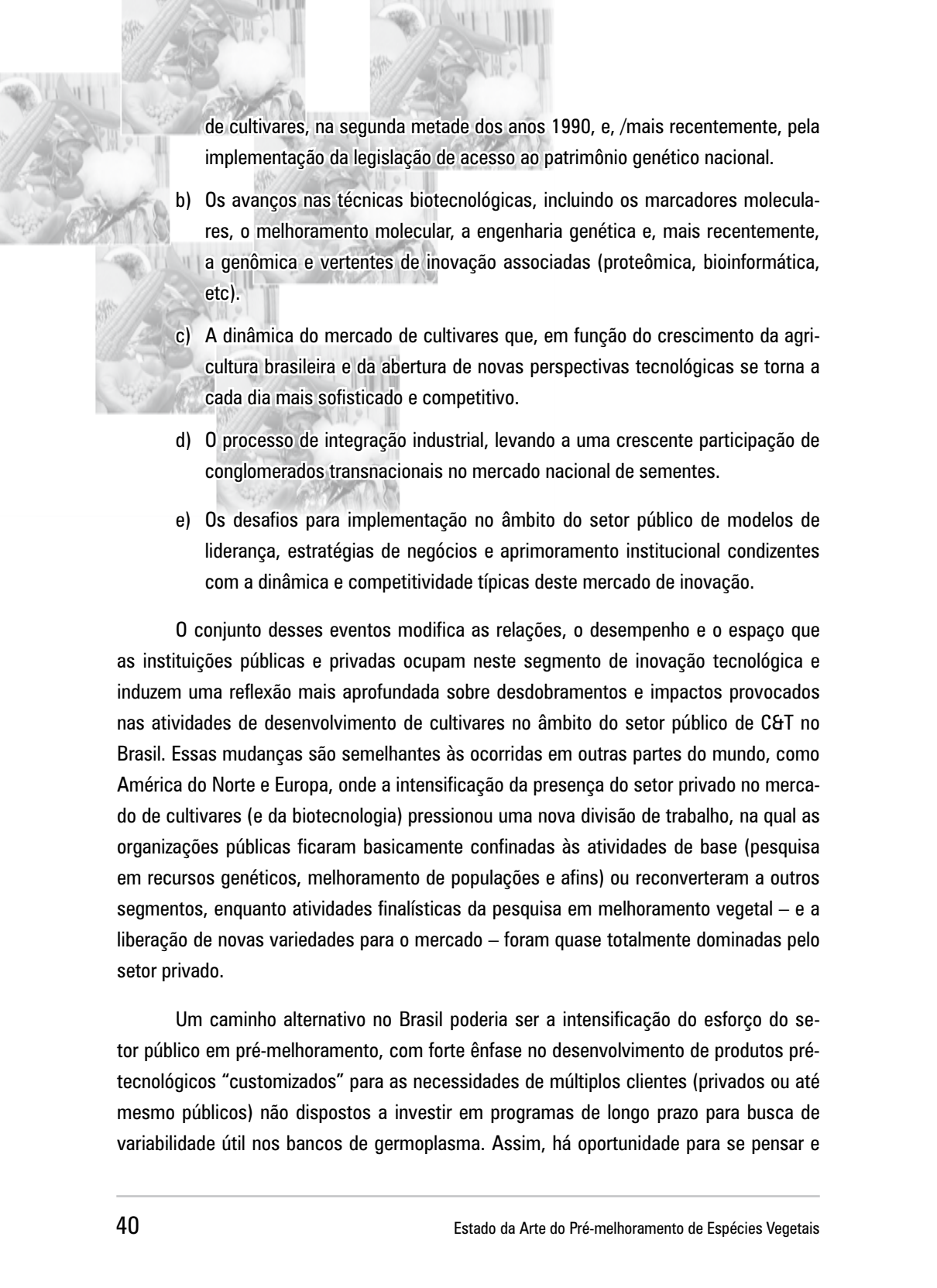
Segundo Marshall (1989), a falta de atividades de pré-melhoramento é apontada como uma das principais limitações para o baixo uso do germoplasma, bem como a falta de melhoristas para as tantas culturas negligenciadas e com potencial de uso.

Segundo dados da FAO, quando o assunto é melhoramento genético, sabe-se que a situação da capacitação mundial de pesquisadores na área é considerada insatisfatória. A situação da valoração e do uso de recursos genéticos é considerada mais grave ainda (GUIMARÃES, 2006).

O Pré-Melhoramento no Mercado de Inovação Tecnológica

Apesar do grande sucesso dos programas públicos de melhoramento genético vegetal no Brasil protoplastos, muitos eventos têm modificado o equilíbrio deste segmento de inovação, alterando as relações entre a oferta e a demanda de tecnologias. De acordo com Castro et al. (2004), estes eventos incluem:

- a) A implementação do novo arcabouço legal de proteção do conhecimento, representado pelas legislações de propriedade industrial (patentes) e proteção

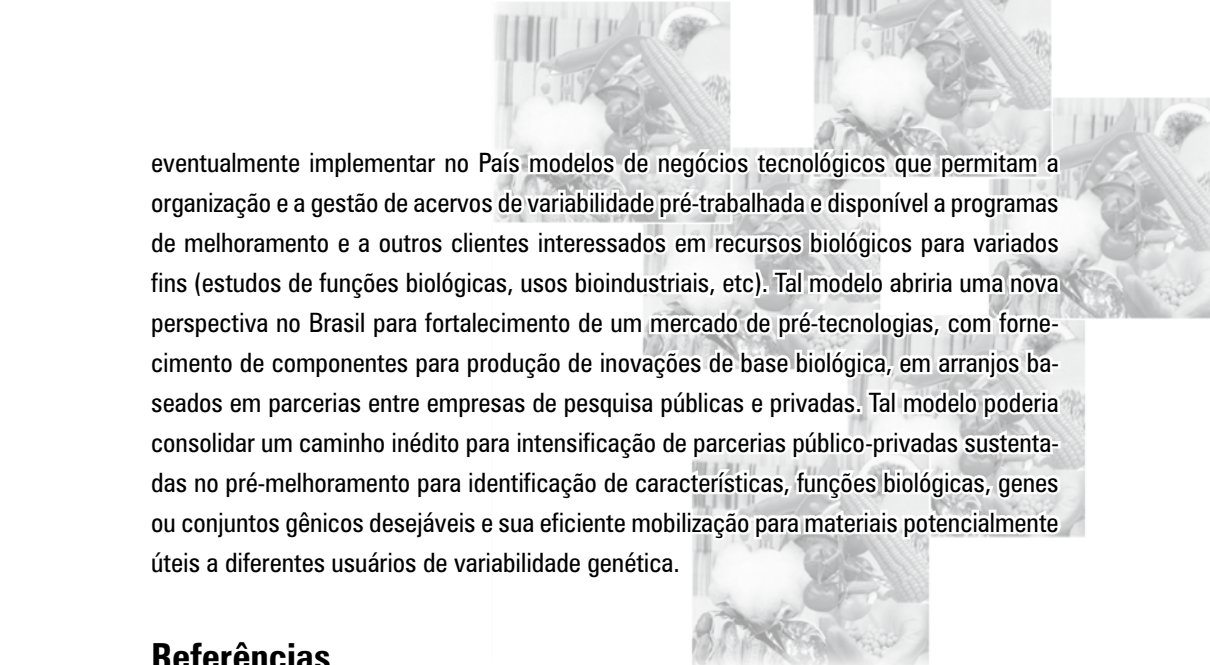


de cultivares, na segunda metade dos anos 1990, e, /mais recentemente, pela implementação da legislação de acesso ao patrimônio genético nacional.

- b) Os avanços nas técnicas biotecnológicas, incluindo os marcadores moleculares, o melhoramento molecular, a engenharia genética e, mais recentemente, a genômica e vertentes de inovação associadas (proteômica, bioinformática, etc).
- c) A dinâmica do mercado de cultivares que, em função do crescimento da agricultura brasileira e da abertura de novas perspectivas tecnológicas se torna a cada dia mais sofisticado e competitivo.
- d) O processo de integração industrial, levando a uma crescente participação de conglomerados transnacionais no mercado nacional de sementes.
- e) Os desafios para implementação no âmbito do setor público de modelos de liderança, estratégias de negócios e aprimoramento institucional condizentes com a dinâmica e competitividade típicas deste mercado de inovação.

O conjunto desses eventos modifica as relações, o desempenho e o espaço que as instituições públicas e privadas ocupam neste segmento de inovação tecnológica e induzem uma reflexão mais aprofundada sobre desdobramentos e impactos provocados nas atividades de desenvolvimento de cultivares no âmbito do setor público de C&T no Brasil. Essas mudanças são semelhantes às ocorridas em outras partes do mundo, como América do Norte e Europa, onde a intensificação da presença do setor privado no mercado de cultivares (e da biotecnologia) pressionou uma nova divisão de trabalho, na qual as organizações públicas ficaram basicamente confinadas às atividades de base (pesquisa em recursos genéticos, melhoramento de populações e afins) ou reverteram a outros segmentos, enquanto atividades finalísticas da pesquisa em melhoramento vegetal – e a liberação de novas variedades para o mercado – foram quase totalmente dominadas pelo setor privado.

Um caminho alternativo no Brasil poderia ser a intensificação do esforço do setor público em pré-melhoramento, com forte ênfase no desenvolvimento de produtos pré-tecnológicos “customizados” para as necessidades de múltiplos clientes (privados ou até mesmo públicos) não dispostos a investir em programas de longo prazo para busca de variabilidade útil nos bancos de germoplasma. Assim, há oportunidade para se pensar e



eventualmente implementar no País modelos de negócios tecnológicos que permitam a organização e a gestão de acervos de variabilidade pré-trabalhada e disponível a programas de melhoramento e a outros clientes interessados em recursos biológicos para variados fins (estudos de funções biológicas, usos bioindustriais, etc). Tal modelo abriria uma nova perspectiva no Brasil para fortalecimento de um mercado de pré-tecnologias, com fornecimento de componentes para produção de inovações de base biológica, em arranjos baseados em parcerias entre empresas de pesquisa públicas e privadas. Tal modelo poderia consolidar um caminho inédito para intensificação de parcerias público-privadas sustentadas no pré-melhoramento para identificação de características, funções biológicas, genes ou conjuntos gênicos desejáveis e sua eficiente mobilização para materiais potencialmente úteis a diferentes usuários de variabilidade genética.

Referências

CASTRO, A. M. G.; LOPES, M. A.; LIMA, S. M. V.; BRESCIANI, J. C. Cenários do setor de sementes e estratégia tecnológica. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, n. 3, p. 58-72, 2004.

DUVICK, D. N. Genetic enhancement and plant breeding. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Ed.). **Advances in new crops**. Portland: Timber Press, 1990. p. 90-96.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Report of the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture**. Rome, 1996.

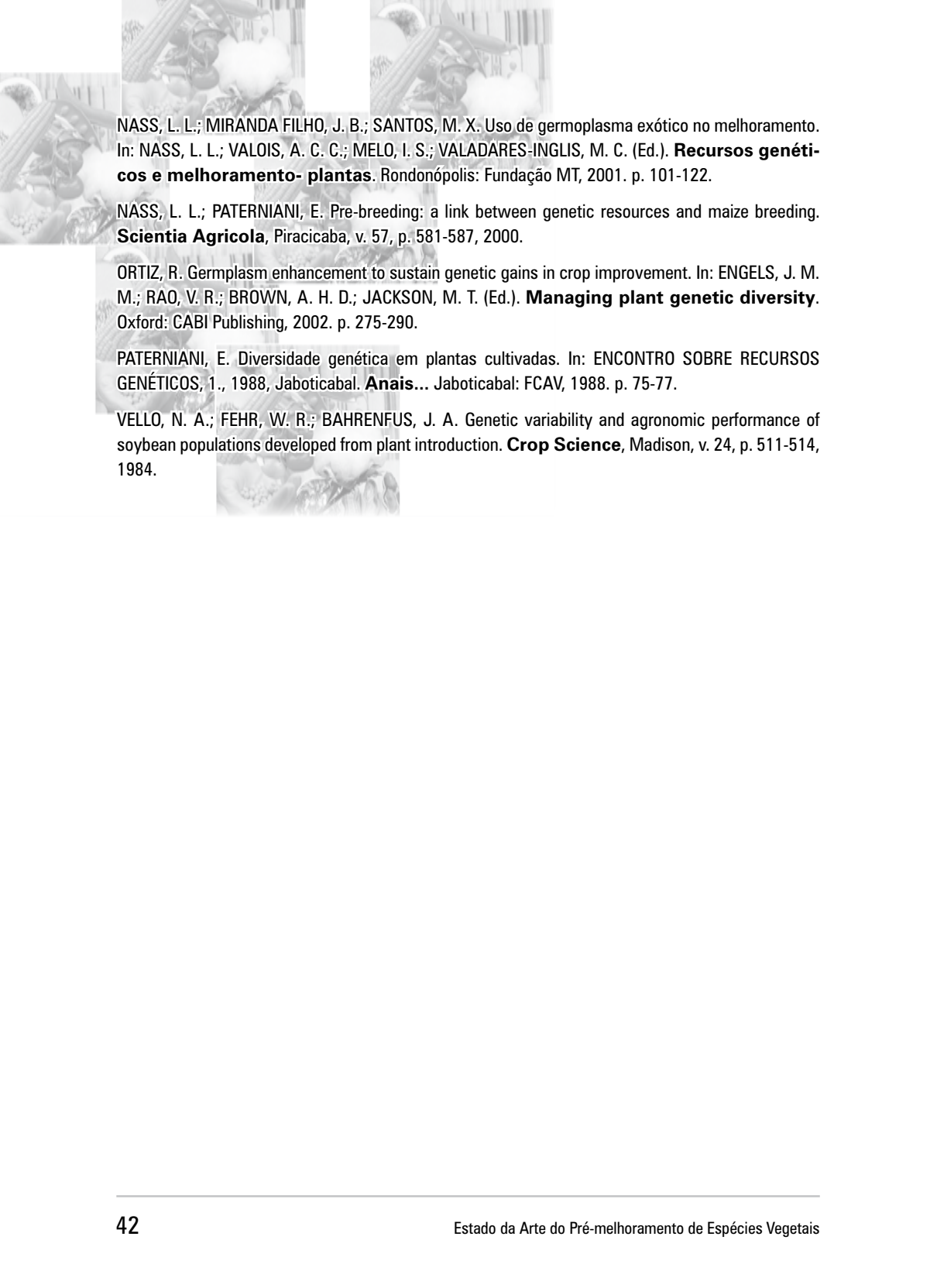
GUIMARÃES, E. Iniciativas globais de capacitação em pré-melhoramento e melhoramento vegetal e ações da FAO para promoção do uso de recursos genéticos para alimentação e agricultura. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 27-29. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

LOPES, M. A.; NASS, L. L.; MELO, I. S. Bioprospecção. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M. del (Ed.). **Biotecnologia e meio ambiente**. Viçosa: Suprema, 2007. p. 77-106.

HARLAN, J. R.; DE WET, J. M. J. Toward a rational classification of cultivated plants. **Taxon**, Utrecht, v. 20, p. 509-517, 1971.

MARSHALL, D. R. Limitations to the use of germplasm collections. In: BROWN, A. D. H.; MARSHAL, D. R.; FRANKEL, O.; WILLIAMS, J. T. (Ed.). **The use of plant genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 105-119.

MICHELINI, L. A.; HALLAUER, A. R. Evaluation of exotic and adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm crosses. **Maydica**, Bergamo, v. 38, p. 275-282, 1993.



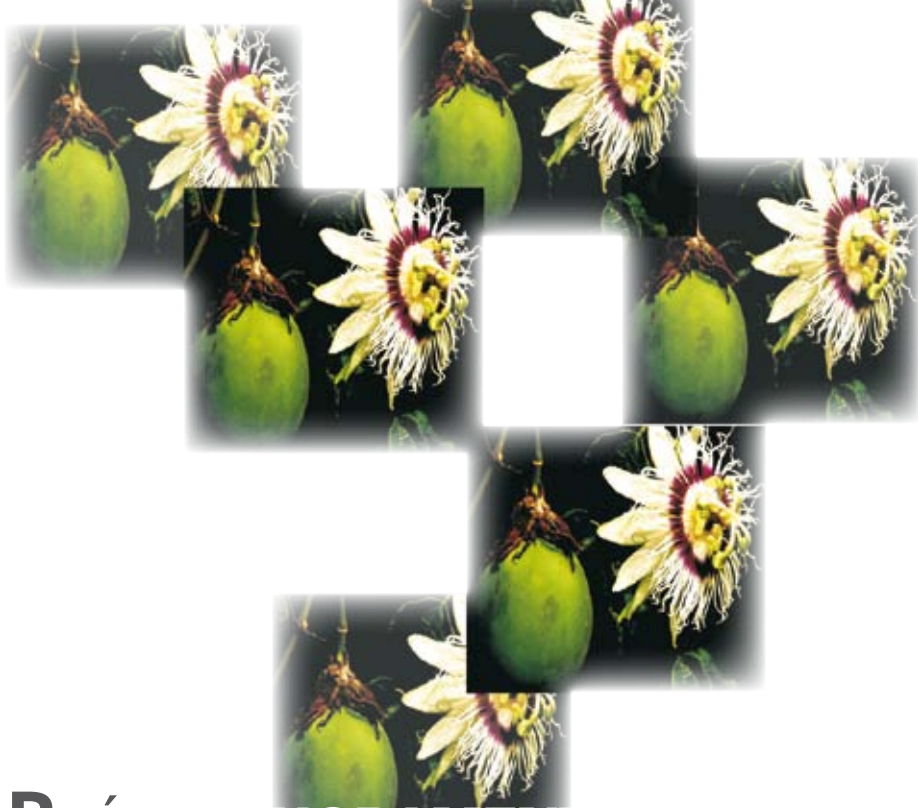
NASS, L. L.; MIRANDA FILHO, J. B.; SANTOS, M. X. Uso de germoplasma exótico no melhoramento. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento- plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 101-122.

NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 581-587, 2000.

ORTIZ, R. Germplasm enhancement to sustain genetic gains in crop improvement. In: ENGELS, J. M. M.; RAO, V. R.; BROWN, A. H. D.; JACKSON, M. T. (Ed.). **Managing plant genetic diversity**. Oxford: CABI Publishing, 2002. p. 275-290.

PATERNIANI, E. Diversidade genética em plantas cultivadas. In: ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1988. p. 75-77.

VELLO, N. A.; FEHR, W. R.; BAHRENFUS, J. A. Genetic variability and agronomic performance of soybean populations developed from plant introduction. **Crop Science**, Madison, v. 24, p. 511-514, 1984.



PRÉ-MELHORAMENTO DE PLANTAS: EXPERIÊNCIAS DE SUCESSO

Pré-melhoramento de Plantas: experiências de sucesso

*Fábio Gelape Faleiro
Nilton Tadeu Vilela Junqueira
Alessandra Pereira Fávero
Maurício Antonio Lopes*

Introdução

O sucesso do pré-melhoramento envolve, pelo menos, duas fases – a primeira, o conhecimento de genes ou características potencialmente úteis de espécies silvestres, germoplasma exótico ou de populações não-melhoradas; e a segunda, a sua utilização prática com a incorporação em materiais-elite agronomicamente adaptados com características comerciais prontamente utilizadas na agricultura.

As atividades do pré-melhoramento são de grande importância para subsidiar a utilização prática dos recursos genéticos e ampliar a base genética dos programas de melhoramento (DUVICK, 1990; NASS; PATERNIANI, 2000). Tais atividades assumem maior importância para caracteres com insuficiente variabilidade genética em materiais já melhorados ou em germoplasma-elite. Nesse sentido, para maximizar o sucesso dos programas de pré-melhoramento é essencial a integração de suas atividades com as atividades e demandas dos programas de melhoramento e pós-melhoramento.

Além da importância como elo entre os recursos genéticos vegetais e o melhoramento genético, as atividades de pré-melhoramento podem identificar genes e características para composição de bancos de caracteres e funções biológicas (LOPES et al., 2007; NASS et al., 2007). Estes bancos podem alimentar programas biotecnológicos, como aqueles baseados em genômica funcional, manipulação gênica e transgenia e, também, alimentar programas envolvendo a diversificação e agregação de valor à agricultura, na forma de novos alimentos, de fibras, de aromas, de biomateriais e de novas variedades com valor ornamental, funcional e medicinal.

Neste capítulo, são apresentadas, de forma sintética, algumas experiências de sucesso do pré-melhoramento de plantas, tendo como base os resultados apresentados no I Curso Internacional de Pré-melhoramento de Plantas (LOPES et al., 2006b) e nas experiências do Programa de Melhoramento do Maracujazeiro, cujas atividades têm contribuído de forma decisiva para o lançamento de novas variedades e híbridos.

Experiências de Sucesso do Pré-melhoramento

Durante o I Curso Internacional de Pré-melhoramento de Plantas, realizado em Brasília (1ª fase – teórica) e em várias regiões do Brasil (2ª fase – prática), foram apresentadas algumas experiências de sucesso de importantes espécies de plantas. Neste tópico, procurou-se sintetizar algumas dessas experiências.

Milho

Milach et al. (2006) relataram algumas experiências em pré-melhoramento de milho na iniciativa privada, destacando algumas limitações e oportunidades. O primeiro aspecto relatado pelos autores é o questionamento da necessidade de atividades de pré-melhoramento, considerando que, ainda hoje, existe uma grande variabilidade genética a ser explorada no germoplasma-elite tropical de milho. Segundo Paterniani (2006), o milho é um excelente exemplo do poder da seleção, que, com eventuais cruzamentos, resultou na formação de aproximadamente 300 raças e milhares de variedades existentes.

Antes de iniciar atividades de pré-melhoramento, Milach et al. (2006) ponderaram algumas barreiras que dificultam a transferência de genes de germoplasma não-adaptado para o germoplasma adaptado em milho, como diferenças de ciclo, de épocas de florescimento, de sensibilidade diferencial ao fotoperíodo, e de diferentes colorações dos grãos. A utilização de, pelo menos, dois ciclos de retrocruzamentos em direção ao material-elite antes de iniciar o processo de autofecundação para obter linhadas é apresentada como uma necessidade para combinar as características desejadas com o nível de adaptação necessário.

Entre as experiências de sucesso, Milach et al. (2006) relatam a transferência de genes de resistência à ferrugem-*Polissora* e ferrugem-tropical para pool gênico elite e o fluxo de germoplasma tropical para temperado e vice-versa, garantindo diversidade genética para os programas de melhoramento do milho em cada região. Outra experiência é a identificação de novos genes de resistência a doenças foliares e de colmo com base em marcadores moleculares, os quais têm revelado novas fontes de variabilidade genética para os programas de melhoramento (WISSER et al., 2006).

Teixeira et al. (2006) discutiram, durante o curso de pré-melhoramento do milho, algumas experiências de sucesso de pré-melhoramento na Embrapa, como a valoração de acessos de germoplasma quanto à resistência e tolerância a estresses bióticos e abióti-

cos; uso de milhos especiais (milho com alta qualidade protéica, milho pipoca, milho para biofortificação e milho doce); e o pré-melhoramento visando à palha de milho de qualidade para artesanato.

Café

O Brasil ocupa posição de destaque como maior produtor e exportador mundial de café. A utilização de cultivares altamente produtivas é um dos fatores responsáveis por essa posição. Segundo Fazuoli (2006), a obtenção dessas cultivares é resultado de contínuo trabalho referente, inicialmente ao pré-melhoramento e posteriormente ao melhoramento. O autor destaca a importância das formas selvagens do cafeeiro, que apresentam características altamente vantajosas, como resistência a pragas e doenças, tolerância à seca e outras variações do ambiente. Destacam-se ainda outras características da planta, como porte, comprimento dos internos, sistema radicular, flores e frutos, além de atributos químicos da semente, por exemplo, porcentagem de cafeína, de sólidos solúveis, de açúcares, de óleos e outros.

Segundo Fazuoli (2006), no Instituto Agrônomo de Campinas, existem 16 espécies do gênero *Coffea* e três do gênero *Psilanthus* e as espécies *C. canephora*, *C. congensis*, *C. racemosa* e *C. dewevrei* vêm sendo aproveitadas como importantes fontes de resistência a pragas, a moléstias, a nematóides e às condições adversas de ambiente. O exemplo prático de tal aproveitamento foi o lançamento das cultivares Icatu Vermelho, Icatu Amarelo e Icatu Precoce, com resistência à ferrugem. Essas cultivares são provenientes do cruzamento entre *C. arabica* e *C. canephora* com o número de cromossomos duplicados. As cultivares Obatã IAC 1669-20 e Tupi IAC 1669-33 são produtivas, de porte baixo, com alta resistência à ferrugem e derivadas do Híbrido de Timor, o qual, por sua vez, é derivado de *C. canephora* e de programas de pré-melhoramento visando à resistência à ferrugem. Além da resistência à ferrugem, acessos de *C. canephora*, também apresentam resistência a nematóides e a *Colletotrichum coffeanum*. A espécie *C. racemosa* é também utilizada no programa de melhoramento como fonte de resistência ao bicho mineiro e à seca e para obtenção de materiais com maturação precoce. *C. congensis* vem sendo utilizada por possuir exuberante sistema radicular e boa produção, além da resistência a nematóides e bicho mineiro.

Fazuoli (2006) salienta que, em todos os programas em que espécies silvestres são aproveitadas, há necessidade de se realizarem provas de qualidade de bebida para fins de

seleção, pois apenas *C. arabica* produz bebida considerada de ótima qualidade. Pensando na bebida, outra característica importante, trabalhada no pré-melhoramento, é o teor de cafeína. A espécie *C. pseudozanguebarie* não apresenta cafeína nas suas sementes e, por isso, tem sido utilizada. Para a melhoria da bebida, Fazuoli et al. (2000) salientam a importância das técnicas de biotecnologia, incluindo o maior conhecimento do genoma do café.

Arroz

Nos dados do programa de melhoramento de arroz irrigado conduzido no Brasil, mostra-se que os ganhos genéticos para produtividade de grãos têm sido inferiores a 1 % ao ano (BRESEGHELLO et al., 1999). Existem várias razões para estagnação e declínio dos percentuais de ganho de produtividade, mas não há dúvidas de que o componente genético, em virtude da baixa variabilidade nos programas de melhoramento, é crucial (FERREIRA; RANGEL, 2005).

As espécies silvestres de arroz vêm sendo utilizadas nos programas de melhoramento genético tanto para ampliar a base genética das populações, quanto para transferir características específicas para as variedades cultivadas. Das espécies silvestres que ocorrem no Brasil, a *Oryza glumaepatula*, por ser autógama, diplóide e possuir genoma AA, semelhante ao da espécie cultivada *Oryza sativa*, é a que possui maior potencial. Usando o método de retrocruzamento avançado (AB-QTL) (TANKSLEY; NELSON, 1996), foram desenvolvidos no Brasil, trabalhos de incorporação de genes de produtividade de *O. glumaepatula* em *O. sativa* (BRONDANI et al., 2002; RANGEL et al., 2005). Outros trabalhos, visando à tolerância à seca e ao ferro tóxico, estão em desenvolvimento (RANGEL et al., 2006).

Amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea*) é uma espécie alotetraplóide, com 40 cromossomos e de fórmula genômica AABB. Diversas espécies silvestres do gênero *Arachis* mostram resistência a doenças relevantes para a cultura do amendoim, como a mancha preta (*Cercosporidium personatum*), mancha castanha (*Cercospora arachidicola*) e ferrugem (*Puccinia arachidis*). Contudo, em sua maioria, as espécies silvestres da seção *Arachis* são diplóides, com $2n=20$, e se associam, diferencialmente, em grupos mais próximos ao genoma A ou B de *A. hypogaea*.

Segundo Fávero et al. (2006), o projeto de pré-melhoramento de amendoim (*Arachis hypogaea*), no Brasil, iniciou-se em 2000, com a identificação de espécies silvestres

resistentes a mancha-preta, mancha-castanha e ferrugem. Para permitir a introgressão de genes de interesse, localizados em espécies silvestres no tetraplóide cultivado, foram realizados cruzamentos de espécies mais associadas ao genoma B do amendoim com aquelas mais correspondentes ao genoma A, gerando híbridos diplóides estéreis. O resgate da fertilidade desses híbridos se deu pela poliploidização, que criou os chamados anfidiplóides sintéticos, linhagens que foram cruzadas com *A. hypogaea*. Muitos destes cruzamentos geraram descendentes férteis.

A obtenção de híbridos entre anfidiplóides sintéticos tem proporcionado a união de genes de interesse, localizados em até quatro espécies distintas. Esses híbridos foram, posteriormente, cruzados com o amendoim, gerando plantas com genes de até cinco espécies distintas. Diversos tipos de caracterização são realizados, como a morfológica, a reprodutiva, a molecular, a citogenética, a qualidade de grãos (teores de óleo e proteína) e a resistência a doenças e a pragas. Ensaios de avaliação agrônômica de híbridos interespecíficos F_1 , F_2 , e RC_1 têm mostrado que será possível, em médio prazo, a ampliação tanto da resistência, quanto da variabilidade genética existente em materiais utilizados nos atuais programas brasileiros de melhoramento do amendoim.

Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), apesar da rusticidade, apresenta sérios problemas com fatores bióticos e abióticos e com um problema fisiológico chamado deteriorização fisiológica pós-colheita (DFP). O potencial de espécies silvestres, para ajudar a resolver tais problemas, foi relatado na revisão feita por Alves et al. (2006). *M. glaziovii* é citada como a única fonte de resistência a mandarová e fonte de resistência ao vírus do mosaico. Redução do DFP foi verificada em híbridos interespecíficos entre *M. esculenta* e *M. walkerae*. *M. glaziovii*, *M. catingae* e *M. carthaginensis* são potenciais fontes de genes para tolerância à seca.

Apesar do potencial das espécies silvestres, os melhoristas de mandioca não têm utilizado os cruzamentos interespecíficos. Alves et al. (2006) relatam, entre as principais razões para isso, a natureza heterozigota e o longo ciclo reprodutivo; os problemas de segregação distorcida; a supressão de recombinação; e o arraste de genes deletérios. Os autores comentam que o método dos retrocruzamentos avançados (AB-QTL) seria uma alternativa para superar algumas das limitações levantadas. Recentemente, foi aprovado

o projeto “Desenvolvimento de Tecnologias de Baixo Custo para Piramidação de Genes Úteis de Espécies Silvestres de Mandioca em Progenitores Elite”, financiado pelo Programa Desafio Geração (FREGENE et al., 2008).

Hortalças

Lopes et al. (2006a) citam algumas hortalças com experiências de sucesso em pré-melhoramento no Brasil, entre elas, a cenoura, o alho, a batata-doce, a cebola, as abóboras e as morangas, a melancia, os pimentões e as pimentas, o tomate, as brássicas e a ervilha. Características, relacionadas à resistência e tolerância a estresses bióticos e abióticos, adaptabilidade e melhoria da qualidade nutricional, são as mais trabalhadas.

Citrus

Os citros, gênero *Citrus* e afins, constituem complexo grupo de plantas, apresentando ampla diversidade genética, de inquestionável utilidade em programas de melhoramento genético, particularmente aqueles dirigidos à obtenção de porta-enxertos. Os gêneros *Microcitrus* e *Eremocitrus* destacam-se como tolerantes à seca, *Poncirus* e *Fortunella* como tolerantes ao frio, *Severinia* como tolerante à salinidade (SOARES FILHO et al., 2006). As espécies *Poncirus trifoliata* e *Severinia buxifolia* são consideradas resistentes aos complexos comuns do vírus-da-tristeza-dos-citros e ao nematóide-dos-citros. *Citropsis*, *Eremocitrus*, *Microcitrus* e *Clymenia* podem ser utilizados como porta-enxertos que reduzem o porte das plantas, permitindo o plantio em espaçamentos mais adensados (SOARES FILHO et al., 2006).

Diversos híbridos, envolvendo *Citrus* e gêneros afins, vêm sendo obtidos, havendo denominações que identificam determinados tipos de cruzamentos: tangelo, tangor, orangelo, lemonange, lemonime, lemandarin, citrange, citrumelo, entre vários outros (SWINGLE, 1967). Outra utilidade dos gêneros afins de *Citrus*, relatado por Soares Filho et al. (2006), é a obtenção e utilização de plantas cítricas ornamentais, citando as espécies *Severinia buxifolia*, *Triphasia trifolia*, *Citrus amblycarpa* e *Citrus madurensis*.

Fruteiras nativas

Dentro do conceito do pré-melhoramento de identificação e transferência de genes úteis de espécies silvestres para materiais-elite, quando pensamos em fruteiras nativas, antes do pré-melhoramento, atividades relacionadas ao conhecimento de todo o potencial

da fruteira nativa e de sua domesticação são essenciais. Segundo Soares Filho e Ritzinger (2006), diante do diversificado elenco de fruteiras brasileiras nativas e da necessidade de sua preservação e aproveitamento de forma sustentável, um primeiro passo seria trabalhar e selecionar acessos de fruteiras nativas com maior potencial de exploração agroindustrial, em cada região de ocorrência da espécie. Podem ser citados como exemplo o umbuzeiro e o umbu-cajazeira (Semi-Árido), o açaí, o cajá, o cupuaçu, o jenipapo e a mangaba (Mata Atlântica), o pequi, a mangaba, o baru, o araticum (Cerrado), entre outras.

Maracujá

O uso de espécies silvestres de maracujá no melhoramento genético tem mostrado grande potencial como fonte de resistência a doenças e outros genes de importância agro-nômica (JUNQUEIRA et al., 2005). O uso como porta-enxertos, também é uma alternativa importante para resistência a nematóides e a fungos do solo (JUNQUEIRA et al., 2006b). Além disso, as espécies silvestres são alternativas para diversificar os sistemas de produção com novos alimentos funcionais para consumo in natura e para uso como plantas ornamentais e medicinais. O conhecimento e a utilização prática das espécies silvestres de maracujá são importantes demandas da pesquisa (FALEIRO et al., 2006a). Baseado no grande potencial do uso de espécies silvestres de maracujá, resultados finais têm sido obtidos dentro do programa de melhoramento genético do maracujazeiro, realizado na Embrapa Cerrados e parceiros, os quais serão discutidos de forma mais detalhada.

Experiências do Pré-melhoramento e Melhoramento do Maracujazeiro Realizado na Embrapa Cerrados e Parceiros

Existe uma ampla variabilidade genética de *Passiflora* spp. a ser conhecida, caracterizada, protegida, conservada e, convenientemente, utilizada comercialmente ou em programas de melhoramento genético como fornecedoras de genes relacionados a características de interesse (FALEIRO et al., 2005, 2006b) (Fig. 1). Nesse sentido, a partir do início da década de 1990, o programa de melhoramento do maracujazeiro, conduzido na Embrapa Cerrados e parceiros tem procurado conhecer e utilizar tais espécies silvestres. Nos últimos anos, os primeiros resultados finais desse processo têm sido obtidos, os quais serão comentados a seguir.

Foto: Embrapa Cerrados



Fig. 1. Amostra da variabilidade genética de *Passiflora* spp.

O Conhecimento da Variabilidade Genética do Maracujazeiro e sua Utilização

Avaliações agrônomicas de germoplasma silvestre de *Passiflora* têm mostrado o potencial das espécies *P. actinia*, *P. setacea* e *P. coccinea* para resistência a viroses; das espécies *P. odontophylla*, *P. gibertii*, *P. caerulea*, *P. serrato-digitata*, *P. actinia*, *P. mucronata* e alguns acessos de *P. edulis* e *P. nitida* para resistência à bacteriose; e das espécies *P. serrato-digitata*, *P. gibertii*, *P. coccinea*, *P. actinia*, *P. setacea*, *P. nitida*, *P. caerulea* e alguns acessos de *P. edulis* para resistência à antracnose (JUNQUEIRA et al., 2005).

Segundo Junqueira et al. (2005, 2006a), entre as várias espécies de passifloras silvestres no Brasil, muitas têm características interessantes que poderiam ser introduzidas no maracujazeiro comercial. Além da resistência a doenças e a algumas pragas, há espécies autocompatíveis, como a *P. tenuifila*, *P. elegans*, *P. capsularis*, *P. villosa*, *P. suberosa*, *P. morifolia* e *P. foetida*. Essa característica é importante para aumentar a produtividade e reduzir custos com mão-de-obra para a polinização manual, bem como para reduzir o impacto negativo provocado pelas abelhas africanas.

Há espécies, como a *P. setacea* e *P. coccinea*, que, nas condições da região Central do Brasil, comportam-se como planta de “dias curtos”, pois florescem e frutificam durante o período de dias curtos do ano, e a colheita ocorre de agosto a outubro, época da entressafra do maracujá-azedo comercial. Essa característica, se incorporada ao maracujazeiro comercial, poderá eliminar os problemas referentes à sua sazonalidade, permitindo a produção de frutos, durante todo o ano, na região Centro-Sul do País. A tolerância ao frio, verificada em *P. caerulea* e *P. incarnata*, é uma característica de grande interesse para o melhoramento genético do maracujazeiro.

Outra característica observada em algumas espécies silvestres e relatada por Junqueira et al. (2006a) é a presença de androginóforo mais curto que reduz a altura dos estigmas em relação à corona, facilitando a polinização por insetos menores. Em alguns acessos de maracujá roxo silvestre e *P. odontophylla*, no momento de máxima curvatura do estilete, os estigmas chegam a tocar na corona (Fig. 2), podendo, dessa forma, serem polinizados por abelhas, que são consideradas pragas importantes por transportarem todo o pólen e não fazerem a polinização de forma eficaz.

Espécies silvestres podem ser utilizadas quando se deseja melhorar características físicas, químicas ou sensoriais da polpa do maracujá para novas opções de mercado,

seja como fruta exótica ou para incrementar propriedades funcionais. Nesse sentido, a *P. caerulea* e acessos silvestres de *P. edulis* têm apresentado potencial para deixar mais avermelhada a polpa do maracujazeiro-azedo comercial, melhorando suas propriedades funcionais (Fig. 3).

Fig. 2. *Passiflora odontophylla*, evidenciando a curta distância entre as anteras e estigmas e a corona, permitindo a polinização por pequenos insetos.



Foto: Embrapa Cerrados



Foto: Embrapa Cerrados

Fig. 3. *Passiflora caerulea*, evidenciando a coloração avermelhada da polpa.

Resultados de Pesquisas Realizadas na Embrapa Cerrados

Para que a variabilidade genética de espécies silvestres seja utilizada e aproveitada em programas de melhoramento, torna-se necessária a realização de hibridações interespecíficas ou o uso da biotecnologia moderna na obtenção de híbridos somáticos ou na utilização da tecnologia do DNA recombinante e engenharia genética.

Em pesquisas realizadas na Embrapa Cerrados, estudos sobre compatibilidade genética, índices de cruzabilidade, período da antese, período da viabilidade de pólen e da receptividade do estigma têm permitido, por meio de cruzamentos artificiais, a obtenção de vários híbridos interespecíficos férteis e promissores para o programa de melhoramento genético (JUNQUEIRA et al., 2008). As espécies *P. setacea*, *P. coccinea*, *P. caerulea*, *P. glandulosa*, *P. mucronata* e *P. galbana* cruzam muito bem com *P. edulis* (maracujazeiro-azedo comercial) e com *P. alata* (maracujazeiro doce comercial), produzindo frutos com sementes férteis.

Híbridos envolvendo três ou mais espécies também têm sido obtidos com o objetivo de piramidar diferentes genes de resistência a doenças, sendo exemplos o híbrido *P. coccinea* x *P. setacea* x *P. edulis* e o híbrido *P. setacea* x *P. coccinea* x *P. mucronata* x *P. edulis*. Após a obtenção do híbrido interespecífico, trabalhos de melhoramento genético têm sido realizados para recuperar as características comerciais, mantendo-se os genes de resistência. O método dos retrocruzamentos, auxiliados por marcadores moleculares do DNA, tem sido utilizado (FALEIRO et al., 2006b). Na Fig. 4, é ilustrada a recuperação do genoma recorrente a partir do cruzamento base entre *P. edulis* e *P. setacea*.

Entre os híbridos interespecíficos que estão sendo obtidos, destaque especial deve ser dado ao híbrido *P. coccinea* x *P. setacea*. Este foi lançado como o primeiro híbrido ornamental de maracujazeiro no Brasil – BRS Estrela do Cerrado. Trabalhos de seleção em populações RC, obtidas do retrocruzamento deste híbrido com *P. coccinea* e *P. setacea*, permitiram a obtenção de mais dois híbridos ornamentais de maracujá – BRS Rubiflora e BRS Roseflora, respectivamente (Fig. 5).

Outros produtos tecnológicos obtidos a partir do trabalho básico de pré-melhoramento do maracujazeiro são os híbridos BRS Sol do Cerrado, BRS Gigante Amarelo e BRS Ouro Vermelho (Fig. 6). A utilização de acessos silvestres de *P. edulis*, na base dos cruzamentos, permitiu a obtenção de materiais genéticos com a coloração de polpa mais avermelhada e menos dependentes da polinização manual.

Outro híbrido muito promissor obtido pelo programa de melhoramento, realizado na Embrapa Cerrados envolve as espécies *P. caerulea* e *P. edulis*. A partir do cruzamento base, trabalhos de retrocruzamentos e seleção para coloração avermelhada da polpa estão sendo feitos. Plantas RC têm apresentado a coloração da polpa mais avermelhada (Fig. 7) e bons níveis de produtividade.

Também merecem destaque os híbridos interespecíficos com potencial uso como porta-enxertos visando à resistência a nematóides e a fungos do solo, sendo exemplos os híbridos *P. setacea* x *P. edulis*, *P. coccinea* x *P. setacea*. Além da utilidade na produção dos híbridos, algumas espécies silvestres têm potencial para consumo in natura, considerando suas propriedades como alimento funcional. Dentro dessa linha, o programa de melhoria realizado na Embrapa Cerrados tem trabalhado com seleção de populações de *P. setacea* e de *P. nitida* objetivando o aumento do tamanho do fruto para o mercado de frutas frescas e para a produção de matéria-prima utilizada em doces e sorvetes.



Foto: Embrapa Cerrados

Fig. 4. Plantas RC do cruzamento inicial entre *P. edulis* e *P. setacea* ilustrando a recuperação do genoma recorrente.



Foto: Embrapa Cerrados

Fig. 5. Capa dos folders técnicos dos híbridos de maracujazeiro-ornamental lançados em 2007.

Foto: Embrapa Cerrados



Fig. 6. Capa dos folhinhos técnicos dos híbridos de maracujazeiro-azedo lançados em 2008.

Foto: Embrapa Cerrados



Fig. 7. Frutos do genitor recorrente, *Passiflora edulis* (a) e de planta RC₂ (b), obtida do cruzamento base entre *P. caerulea* e *Passiflora edulis*.

Considerações Finais

É inquestionável que as atividades do pré-melhoramento são de grande importância para subsidiar a utilização prática dos recursos genéticos e ampliar a base genética dos programas de melhoramento. Contudo, a utilidade prática e eficiente das espécies silvestres é, principalmente, fornecer genes ou caracteres com insuficiente variabilidade genética em materiais já melhorados ou em germoplasma-élite.

Para maximizar o sucesso dos programas de pré-melhoramento, é essencial a integração de suas atividades com as atividades e demandas dos programas de melhoramento e pós-melhoramento. Nesse sentido, é importante o conhecimento amplo da variabilidade genética intra-específica disponível para o melhoramento e das demandas de mercado, considerando novas opções de produtos e novas alternativas para diversificação de produção em áreas marginais.

Dentro desse contexto, são essenciais o fortalecimento e a consolidação de redes de pesquisas transdisciplinares e interinstitucionais na formação de recursos humanos, na articulação de parcerias para otimização dos recursos financeiros e humanos e para facilitar e intensificar o intercâmbio de germoplasma e informações.

Referências

ALVES, A. A. C.; MENDES, R. A.; FREGENE, M.; BELLOTTI, A. Experiências em pré-melhoramento de mandioca: utilização do potencial de espécies silvestres de mandioca como fonte de resistência a estresses bióticos e abióticos. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 143-146. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 399-407, 1999.

BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, R. P. V.; FERREIRA, M. E. QTL mapping and introgression of yield-related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 104, p.1192-1203, 2002.

DUVICK, D. N. Genetic enhancement and plant breeding. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Ed.). **Advances in new crops**. Portland: Timber Press, 1990. p. 90-96.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá: demandas para a pesquisa**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006a. 54 p.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Importância e avanços do pré-melhoramento de Passiflora. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006b. p. 138-142. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R. Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro: desafios da pesquisa. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 187-209.

FÁVERO, A. P.; SUASSUNA, T. M. F.; GODOY, I. J.; OLIVEIRA, E. J.; SUASSUNA, N.; PEÑALOZA, A. P. S.; TORRES, A. C.; VALLS, J. F. M. Uso de espécie silvestre no pré-melhoramento do amendoim no Brasil. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 108-111. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

FAZUOLI, L. C. Experiências em pré-melhoramento de café. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 74-87. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

FAZUOLI, L. C.; MALUF, M. P.; GUERREIRO FILHO, O.; MEDINA FILHO, H. P.; SILVAROLLA, M. B. Breeding and biotechnology of coffee. In: SERA, T.; SOCCOL, C. R.; PANDEY, A.; ROUSSOS, S. (Ed.). **Coffee biotechnology and quality**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000. p. 27-45.

FERREIRA, M. E.; RANGEL, P. H. N. Emprego de espécies silvestres no melhoramento genético vegetal: experiência em outras espécies com análise de retrocruzamento avançado de QTLs (AB-QTL). In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 111-140.

FREGENE, M.; ALVES, A.; OKOGBENIN, E.; OKAI, E.; KAWUKI, R. Project N° G3005.09: Development of low-cost technologies for pyramiding useful genes from wild relatives of cassava into elite progenitors. Subprogramme 3: Trait capture for crop improvement. In: GENERATION CHALLENGE PROGRAMME. **2007 Generation Challenge Programme Project briefs**. México, 2008. p. 12-13. Disponível em: <http://www.generationcp.org/UserFiles/File/2007_Project_briefs.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2008.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; BERNACCI, L. C. **Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças**. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 81-108.

JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R. Uso de espécies silvestres de *Passiflora* no pré-melhoramento do maracujazeiro. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006a. p. 133-137. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; RAMOS, J. D.; BRAGA, M. F.; SOUZA, L. S. Confirmação de híbridos interespecíficos artificiais no gênero *Passiflora* por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 30, n. 1, p. 191-196, 2008.

JUNQUEIRA, N. T. V.; LAGE, D. A. C.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R.; BORGES, T. A.; ANDRADE, S. R. M. Reação a doenças e produtividade de um clone de maracujazeiro-azedo propagado por estaquia e enxertia em estacas de passiflora silvestre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 28, n. 1, p. 97-100, 2006b.

LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006b. 184 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

LOPES, J. F.; FERREIRA, M. A. J. F.; CARVALHO, S. I. C.; SILVA, J. B. C.; OLIVEIRA, V. R.; NASCIMENTO, W. M.; VIEIRA, J. V.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S. Experiências em pré-melhoramento de hortaliças no Brasil. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos

Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006a. p. 116-120. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

LOPES, M. A.; NASS, L. L.; MELO, I. S. Bioprospecção. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M. del. (Ed.). **Biotecnologia e meio ambiente**. Viçosa: Suprema, 2007. p. 77-106.

MILACH, S.; BRENNER, D.; RAUPP, C.; LOCATELLI, A.; KOBIRAKI, M. Experiências em pré-melhoramento de milho. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 62-65. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

NASS, L. L.; NISHIKAWA, M. A. N.; FÁVERO, A. P.; LOPES, M. A. Pré-melhoramento de germoplasma vegetal. In: NASS, L. L. (Ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 683-716.

NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 581-587, 2000.

PATERNIANI, E. Experiências em pré-melhoramento de milho. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 66-71. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, C.; FERREIRA, M. E.; RANGEL, P. N.; BRONDANI, R. P. V. Utilização de espécie silvestre *Oryza glumaepatula* no pré-melhoramento do arroz. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 94-98. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, C.; RANGEL, P. N.; BRONDANI, R. P. V.; ZIMMERMANN, F. J. P. Development of rice lines with gene introgression from the wild *Oryza glumaepatula* by the AB-QTL methodology. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, p. 10-21, 2005.

SOARES FILHO, W. S.; RITZINGER, R. Pré-melhoramento genético de fruteiras nativas: caso da umbucajazeira na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 126-128. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

SOARES FILHO, W. S.; SOUZA, A. S.; PASSOS, O. S.; CASTELLEN, M. S.; SOUZA, F. V. D.; SEREJO, J. A. S. Gêneros afins a *Citrus*: potencial de exploração no melhoramento genético dos citros. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 129-132. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

SWINGLE, W. T. The botany of *Citrus* and its wild relatives. In: REUTHER, W.; WEBBER, H. J.; BATCHELOR, L. D. (Ed.). **The citrus industry**. Berkeley: University of California, 1967. v. 1, cap. 3, p. 190-430.

TANKSLEY, S. D.; NELSON, J. C. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 92, p. 191-203, 1996.

TEIXEIRA, F. F.; PURCINO, A. A. C.; ANDRADE, C. L. T.; CASELA, C. R. Milho e sorgo. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 176-181. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

WISSER, R. J.; BALINT-KURTI, P. J.; NELSON, R. J. The genetic architecture of disease resistance in maize: a synthesis of published results. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 96, p. 120-129, 2006.



A VARIABILIDADE GENÉTICA E O PRÉ-MELHORAMENTO

A Variabilidade Genética e o Pré-melhoramento

*José Flávio Lopes
Sabrina Isabel Costa de Carvalho*

Introdução

O nosso maior desafio é atender à demanda de produtores, de economistas e de políticos, para alimentar a população cada vez mais crescente e exigente. Para alcançar seus objetivos, os melhoristas precisam desenvolver cultivares com maior capacidade produtiva, mais adaptadas em novos ambientes, resistentes a pragas e a doenças, capazes de crescer com pouco uso de adubos, de corretivos e de defensivos. As fontes de diversidade genética começam a se tornar importantes, e a perda dessa diversidade como fonte de recursos genéticos é o maior desafio que os geneticistas e curadores vêm enfrentando nos últimos tempos.

Toda vez que nos é dada a oportunidade de refletir sobre pré-melhoramento e variabilidade genética, lembramos de algo citado por Duvick (1984) "... a população no mundo cresce, mas a produção tem acompanhado a demanda por alimentos numa escala estável com ganhos significativos ao longo dos tempos. Entretanto, esses ganhos são conseguidos por intermédio de um crescimento aparente, em razão do risco da vulnerabilidade genética que ocorre como consequência de uma base genética estreita, presente nos cultivos disponíveis. A maioria da produção de alimentos, no mundo, está centrada em poucas cultivares.

A interação entre curadores de bancos ativos de germoplasma e fitomelhoristas tem sido uma tarefa árdua nas instituições onde recursos genéticos são prioridade em suas atividades. O objetivo é incentivar o estudo dos recursos genéticos em maior profundidade e aproveitá-los em programas de melhoramento que atendam aos desejos da sociedade, principalmente, produtores e consumidores.

Se, de um lado, os fitomelhoristas carecem de genes para trabalhar em programas de melhoramento genético, por outro lado, os curadores podem tê-los em abundância, devidamente guardados e armazenados em seus bancos. Estima-se que existem cerca de 6 milhões de acessos das mais variadas espécies vegetais, no mundo. Entretanto, pequena porcentagem desses materiais tem sido usada nos programas de melhoramento.

Técnicos da Embrapa, em suas diversas unidades, têm trabalhado no intuito de coletar, de introduzir, de multiplicar, de preservar, de conservar, de avaliar e de caracterizar recursos genéticos das variadas espécies de importância econômica. Cerca de 107 mil acessos estão disponíveis nas câmaras de conservação da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília, DF, e 250 mil acessos, em toda a Embrapa. Mas, se fizermos uma análise mais profunda sobre como essa variabilidade existente tem sido, realmente, utilizada em programas de melhoramento, os dados podem ser decepcionantes.

Aqui cabem duas observações importantíssimas:

- 1) O fato de os acessos estarem guardados, sendo mantidos ou armazenados em estruturas físicas apropriadas para a sua conservação em longo prazo, não é um indicativo do seu potencial de utilização. Somente as atividades de caracterização e avaliação preliminar poderão disponibilizar esse acervo genético e atrair a atenção dos fitomelhoristas.
- 2) A conservação de materiais genéticos não é uma atividade isolada das outras. Portanto, não deve ser analisada separada de seus objetivos. É pertinente lembrar que boa parte desses acessos é o resultado de um enriquecimento realizado por meio de coletas e introduções a partir de áreas vulneráveis e sujeitas a uma verdadeira erosão genética.

O objetivo deste trabalho não é incluir nenhum conceito novo em programas de pré-melhoramento, pois muito já se tem feito nesse sentido, mas apenas mostrar um ponto de vista que pode ser considerado provocador e pertinente a ser incluído nos próximos projetos de recursos genéticos e de melhoramento de plantas.

Variabilidade Genética

A variabilidade é o principal pré-requisito para se iniciar um programa de melhoramento genético de determinada espécie. Por isso, os melhoristas estão procurando por germoplasma que pode ser útil aos objetivos de seus programas de melhoramento. Uma grande diversidade de germoplasma pode ser encontrada para a maioria das espécies. Varia desde sementes de linhas até cultivares lançadas que são mantidas pelas instituições de origem. Amostras de sementes são fornecidas sob solicitação. Germoplasma não-lançado, a partir de bancos de trabalho, pode ser obtido diretamente entre melhoristas. Para

muitas espécies, ainda existem as instituições nacionais e internacionais de manutenção de recursos genéticos, cujos materiais são usados para disponibilizar fontes de genes para melhoristas; em muitos casos, genes específicos para determinadas situações, como por exemplo, resistência a determinada doença ou praga. Existem também as variedades locais, ecotipos regionais que podem e devem ser utilizados, pois muitos já contêm em sua base genética genes para adaptação ao ambiente e talvez resistência a algumas pragas e doenças regionais.

A maior variabilidade genética disponível aos melhoristas pode ser encontrada tanto nos centros de origem das plantas quanto em seus centros de diversidade.

Podemos citar as abóboras (*Cucurbita* spp.) e as pimentas (*Capsicum* spp.) como exemplos de recursos genéticos existentes no Brasil, ambas originárias das Américas (Fig. 1). As espécies mais cultivadas no Brasil são: *C. pepo*, *C. moschata* e *C. máxima*, sendo que *C. moschata* e *C. máxima* têm centro de diversidade genética no nordeste brasileiro. Muitas espécies de pimenta são encontradas no Brasil nas categorias domesticadas (4 espécies), semi-domesticadas (9 espécies) e silvestres (20 espécies).



Fig. 1. Recursos genéticos de abóboras (*Cucurbita* spp.) e as pimentas (*Capsicum* spp).

Embora o Brasil seja um centro de diversidade de abóboras, morangas e algumas espécies de pimenta, pouco se conhece sobre esses materiais e, por isso, foram pouco explorados. O problema torna-se mais grave em virtude da expansão das fronteiras agrícolas, da destruição de ambientes naturais, com a rápida substituição dos cultivos tradicionais por lavouras tecnificadas e com a crítica situação de desaparecimento de populações locais e espécies silvestres, especialmente na Mata Atlântica, áreas do Nordeste e da Amazônia.

Para evitar perdas maiores, trabalhos têm sido desenvolvidos para enriquecimento das coleções de germoplasma por meio de coleta e intercâmbio, conservação de sementes em bancos de germoplasma, e utilização imediata ou futura desses germoplasmas em programas de melhoramento, visando à exploração da variabilidade genética disponível. Atividades, nesse sentido, vêm sendo realizadas pela Embrapa por intermédio das unidades localizadas em Brasília (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Embrapa Hortaliças), em Petrolina (Embrapa Semi-Árido) e em Pelotas (Embrapa Clima Temperado). Essas unidades mantêm, juntas, um verdadeiro acervo e uma grande variabilidade genética de abóboras, de morangas e de pimentas com materiais coletados e introduzidos de diversas regiões do Brasil e do exterior. Esses objetivos são fundamentais para os recursos genéticos e só haverá incremento da produção e redução do impacto da exploração agrícola sobre o ambiente se a diversidade genética for conhecida, organizada, armazenada e devidamente utilizada.

Recursos Genéticos Vegetais: manejo e uso – BAGs

Os recursos genéticos são definidos como a fração da biodiversidade que tem previsão de uso atual ou potencial. Assim, compreendem as variedades tradicionais, variedades melhoradas, linhas avançadas e espécies nativas e silvestres. Esses materiais são portadores de genes de grande significado para o melhoramento genético das respectivas espécies. Em *Capsicum*, programas de melhoramento já identificaram vários genótipos domesticados, portadores de fontes de resistência a doenças, como a murcha-de-fitófтора e a murcha-bacteriana. Em *Cucurbita*, resistência à murcha-de-fitófтора, ao oídio e ao vírus PRSV-w tem sido identificada a partir de materiais existentes nos bancos de germoplasma da Embrapa Hortaliças, Embrapa Semi-árido e Universidade Federal de Viçosa (Fig. 2).

Para correta identificação desses genes, existentes nos bancos de germoplasma, uma série de atividades são realizadas até que eles sejam encontrados e utilizados. Os recursos genéticos são estudados em várias etapas bem definidas, a saber: coleta ou introdução; multiplicação; preservação e conservação; avaliação e caracterização; e uso. A variabilidade genética é reunida, por meio de expedições de coleta ou de introduções, mantida e disponibilizada em coleções de germoplasma, cujas amostras, devidamente armazenadas, devem conter quantidade de sementes e acessos representativos com máxima fidelidade possível à riqueza alélica presente em determinada coleção e da variação genética da população original.



Fig. 2. Acessos de *Cucurbita* spp. com resistência a doenças.

Na Fig. 3, mostra-se o fluxograma das atividades de conservação de germoplasma de *Capsicum*, na Embrapa Hortaliças. Os materiais que são recebidos dos programas de coleta e de intercâmbio são inicialmente registrados e identificados em um livro de registros. Amostras são enviadas para multiplicação e vão formar o banco de dados. Os materiais multiplicados são caracterizados, documentados, enriquecendo o banco de dados. As sementes são enviadas às câmaras frias locais, formando o BAG ou coleção de trabalho. Esses materiais são utilizados para pesquisa (pré-melhoramento) e intercâmbio; amostras de sementes são enviadas às câmaras frias para conservação em longo prazo, formando as coleções nucleares. Uma coleção nuclear pode ser definida como um número limitado de acessos, não mais do que 2 mil, que deve representar, com um mínimo de repetitividade, a máxima diversidade genética de uma determinada espécie e seus parentes silvestres. Os acessos mantidos nas coleções de trabalho são continuamente utilizados para pesquisa e intercâmbio. Os materiais enviados às câmaras para conservação em longo prazo (coleção de base) podem ser regenerados para uso em programas de pesquisa e melhoramento. Esse processo é mais ágil e eficiente em função da organização da equipe, que atua em diferentes pontos da cadeia de atividades.

Pré-melhoramento

Os recursos genéticos são considerados como a matéria-prima para o melhoramento genético. Eles são fonte da variabilidade ou combustível necessário para que o melhoramento aconteça. O melhorista busca nos recursos genéticos os genótipos mais adaptados

e manipula genes por métodos convencionais ou por técnicas moleculares, a fim de atender às demandas do setor produtivo e dos consumidores.

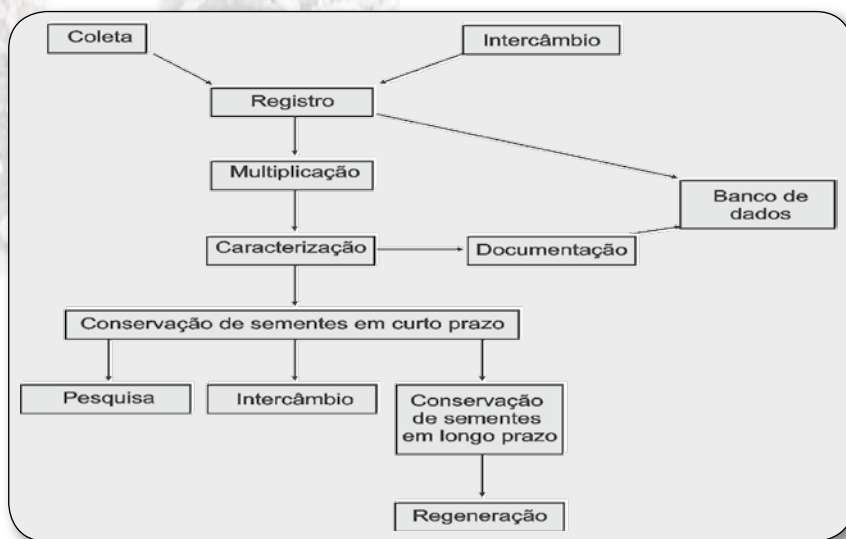


Fig. 3. Fluxograma das atividades de conservação de germoplasma de *Capsicum*, na Embrapa Hortaliças.

Entretanto, apesar de tanta variabilidade genética existente, a baixa utilização dos acessos disponíveis nos bancos ocorre de maneira muito generalizada, ou seja, ainda existe pouco uso dos bancos de germoplasma em programas de melhoramento. A literatura nos mostra que esse uso é ainda deficitário por alguns motivos:

- a) Falta de documentação e descrição adequadas das coleções de germoplasma.
- b) Falta de avaliação das coleções de germoplasma.
- c) Pouca disponibilidade de sementes, em razão dos programas de regeneração inadequados.
- d) Adaptação restrita dos acessos.
- e) Falta de informações demandadas pelos melhoristas.
- f) Materiais-elite contêm variabilidade genética mínima suficiente para atender aos melhoristas.
- g) Troca de materiais entre melhoristas.

- h) Número insuficiente de melhoristas.
- i) Dificuldade de identificar genes potencialmente úteis.
- j) Ausência de programas de pré-melhoramento.
- l) Necessidade de obter resultados em curto prazo como principal impedimento da utilização dos acessos.

Na Fig. 4, mostra-se um fluxograma do programa de melhoramento de *Capsicum* na Embrapa Hortaliças. O programa começa com um banco de germoplasma, utilizando a variabilidade para características biológicas, bioquímicas e nutricionais, usando as diferentes ferramentas disponíveis para tornar o programa eficiente. Observe que estão envolvidas nesse programa de melhoramento atividades de seis diferentes planos de ação do projeto macroprograma II da Embrapa.

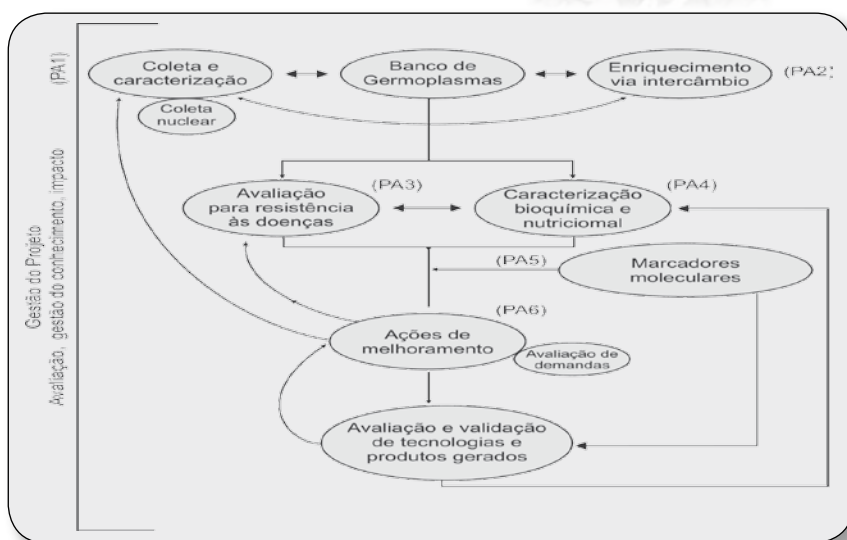


Fig. 4. Fluxograma da gestão de seis planos de ações do programa melhoramento *Capsicum* desde a coleta até a avaliação de novas tecnologias geradas em todo o processo.

Considerações Finais

A literatura nos mostra que existem três áreas de atuação bem distintas, no que diz respeito aos recursos genéticos: enriquecimento e manejo, avaliação e utilização. Entre o processo inicial de coleta ou introdução à utilização nos programas de melhoramento,

existe uma atividade ampla de trabalho que pode unir os curadores aos melhoristas. Essa atividade de união entre curadores e melhoristas (pré-melhoramento) pode ser definida como a identificação e transferência de caracteres de importância econômica para linhagens avançadas.

A etapa de enriquecimento e manejo tem sido amplamente executada, mostrando que os centros de pesquisa com recursos genéticos contêm grandes estoques de genes disponíveis aos mais audaciosos programas de melhoramento. É fato que muitas atividades de enriquecimento são o resultado de um trabalho de coleta e introdução a partir de áreas vulneráveis e sujeitas a forte erosão genética. Ademais, o fato de os acessos estarem guardados, sendo mantidos ou armazenados em estruturas físicas apropriadas para a sua conservação em longo prazo, não é um indicativo do seu potencial de utilização. Somente as atividades de caracterização e de avaliação preliminar poderão disponibilizar o acervo genético e atrair a atenção dos fitomelhoristas.

Entretanto, essas atividades ainda estão deficitárias, dificultando o uso dos recursos genéticos pelos melhoristas por alguns motivos: (a) falta de documentação e descrição adequadas das coleções de germoplasma; (b) falta de avaliação das coleções de germoplasma; (c) pouca disponibilidade de sementes, devido aos programas de regeneração inadequados; (d) adaptação restrita dos acessos; (e) falta de informações demandadas pelos melhoristas; (f) dificuldade de identificar genes potencialmente úteis; (g) ausência de programas de pré-melhoramento; (h) a necessidade de obter resultados, em curto prazo, como principal impedimento da utilização dos acessos.

Nesse último caso, os melhoristas justificam que, muitas vezes, os genes, provenientes de fontes exóticas ou silvestres, ainda carecem de trabalhos de reconhecimento, de estudos de herança e até mesmo de técnicas e de métodos adequados de transferência para materiais mais promissores, preferindo, desse modo, a utilização de fontes mais adaptadas e já comercializadas para desenvolverem seus trabalhos de melhoramento. As técnicas de biologia molecular podem colaborar de forma significativa.

Os programas de melhoramento continuam sendo executados com certas limitações e preferências, procurando alcançar objetivos de maneira mais rápida e cômoda. O resultado tem sido a obtenção de cultivares com base genética estreita, poucos materiais com potencial para atender às grandes demandas do mercado, sendo cultivados em extensas áreas, muitas vezes não adaptadas.

Entretanto, os exemplos aqui mostrados nos indicam um caminho onde a união, o trabalho conjunto, a parceria entre técnicos de diferentes áreas, desde a coleta até a avaliação e melhoramento, conectados num único esforço, inclusive atividades paralelas sendo executadas em projetos distintos, mas com objetivos e metas bem delineados, podem chegar a resultados promissores, eliminando assim, essa falha para se obterem novas cultivares para o agronegócio de plantas em vários programas de melhoramento genético.

Referências

BERTAN, I.; VIEIRA, E. A.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de; SCHEEREN, P. L.; OLIVO, F. Variabilidade genética em trigo aferida por meio da distância genealógica e morfológica. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 67-74, 2007.

BONOW, S. **Coleções nucleares em bancos de germoplasma**: conceito e utilização em trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 7 p. (Embrapa Trigo. Documentos On Line, 80). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do80.htm>. Acesso em: 10 set. 2008.

BROWN, A. H. D.; FRANKEL, O. H.; MARSHAL, D. R.; WILLIAMS, J. T. **The use of plant genetic resources**. London: Cambridge University Press, 1989. 382 p.

DUVICK, D. N. Genetic diversity in major farm crops on the farm and in reserve. **Economic Botany**, New York, v. 38, p. 161-178, 1984.

EYZAGUIRRE, P.; IWANAGA, M. **Partipatory planta breeding**. Roma: IPGRI, 1996. 164 p.

FEHR, W. R.; HADLEY, H. H. **Hybridization of crop plants**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1980. 765 p.

FORD-LLOYD, B.; JACKSON, M. **Plant genetic resources**: an introduction to their conservation and use. Moulton: Castelfield Press, 1986. 146 p.

FRANKEL, O. H.; BENNETT, E. **Genetic resources in plants**: their exploration and conservation. Oxford: Backwell, 1970. 554 p.

HOOKE, A. L. A plant pathologist's view of germplasm evaluation and utilization. **Crop Science**, Madison, v. 17, p. 689-694, 1977.

LOPES, M. A. **Banco de caracteres**: desenvolvimento de recursos genéticos utilizáveis na investigação de mecanismos de controle de caracteres de importância econômica em milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1999. 13 p. Manuscrito.

LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia;

Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 184 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

QUEIROZ, M. A.; SILVEIRA, L. M. da; LEITE, W. de M. Avaliação preliminar de acessos de melancia coletados na região de Vitória da Conquista-BA. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, jul. 2003. 1 CD-ROM. Suplemento.

RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Pimentas - Capsicum**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 200 p.

TANKSLEY, S. D.; MCCOUCH, S. R. Seed banks andn molecular maps: unlocking genetic potencial form the wild. **Science**, Washington, v. 277, p. 1063-1066, 1997.

TOMBOLATO, A. F. C.; VEIGA, R. F. A.; BARBOSA, W.; BENATTI JÚNIOR, R.; PIRES, E. G. Domesticação e melhoramento de plantas: I. Ornamentais. **O Agrônômico**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 12-14, 2004.

VALKOUN, J. J. Wheat pre-breeding using wild progenitors. **Euphytica**, Wageningen, v. 119, p. 17-23, 2001.



GENOTIPAGEM DE COLEÇÕES DE GERMOPLASMA VEGETAL

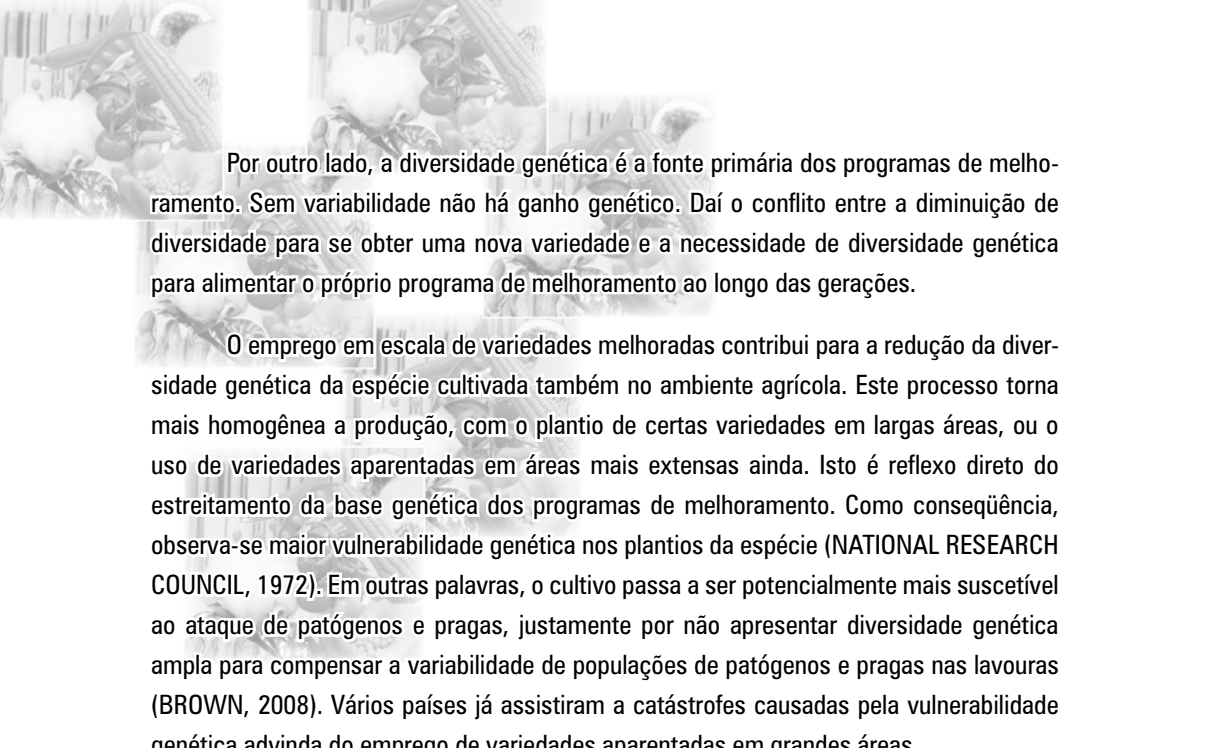


Genotipagem de Coleções de Germoplasma Vegetal

Márcio Elías Ferreira, Ph.D.

Os métodos de melhoramento genético de plantas vêm sendo aplicados com sucesso no desenvolvimento de variedades com maior qualidade e produtividade nas diferentes espécies utilizadas pelo homem na agricultura. A contribuição do melhoramento genético para o aumento de produção agrícola no planeta, especialmente no último século, é inquestionável (STUBER; HANCOCK, 2008). Observa-se, como consequência, que as variedades tradicionais, cultivadas ao longo das gerações em pequenas comunidades ou áreas isoladas, vêm sendo substituídas por cultivares melhoradas, geralmente mais produtivas ou apresentando melhor qualidade. O agricultor, em geral, promove esta substituição ao buscar uma maior rentabilidade no seu empreendimento. Isto é lógico e natural. Contudo, a substituição das variedades tradicionais pelas variedades lançadas pelos programas de melhoramento genético tem sido feita com muita rapidez. O acervo de variedades tradicionais, representando muitas vezes décadas ou mesmo séculos de seleção local e adaptação a condições específicas, pode se perder rapidamente. Este acervo precisa ser coletado, caracterizado e conservado adequadamente. Trata-se de recurso genético de grande valor para uso atual e futuro.

Alguns aspectos interessantes precisam ser observados neste processo de substituição das variedades tradicionais pelas cultivares melhoradas. De um lado, os programas de melhoramento promovem, por meio da seleção artificial, a redução da diversidade do *pool* gênico com o qual lidam. A partir dos vários cruzamentos realizados anualmente entre linhagens com potencial de obter recombinações superiores, os programas selecionam algumas poucas plantas para análise avançada e, eventualmente, um ou outro material para lançamento de uma variedade. À medida que o programa avança, um conjunto de materiais elite é mantido, em detrimento de uma base genética mais ampla, para capitalizar no ganho genético obtido nas gerações anteriores. Este é um procedimento lógico e eficaz. Os programas de melhoramento atuam deliberadamente no afinamento da diversidade inicial, capitalizando na seleção dos recombinantes superiores.



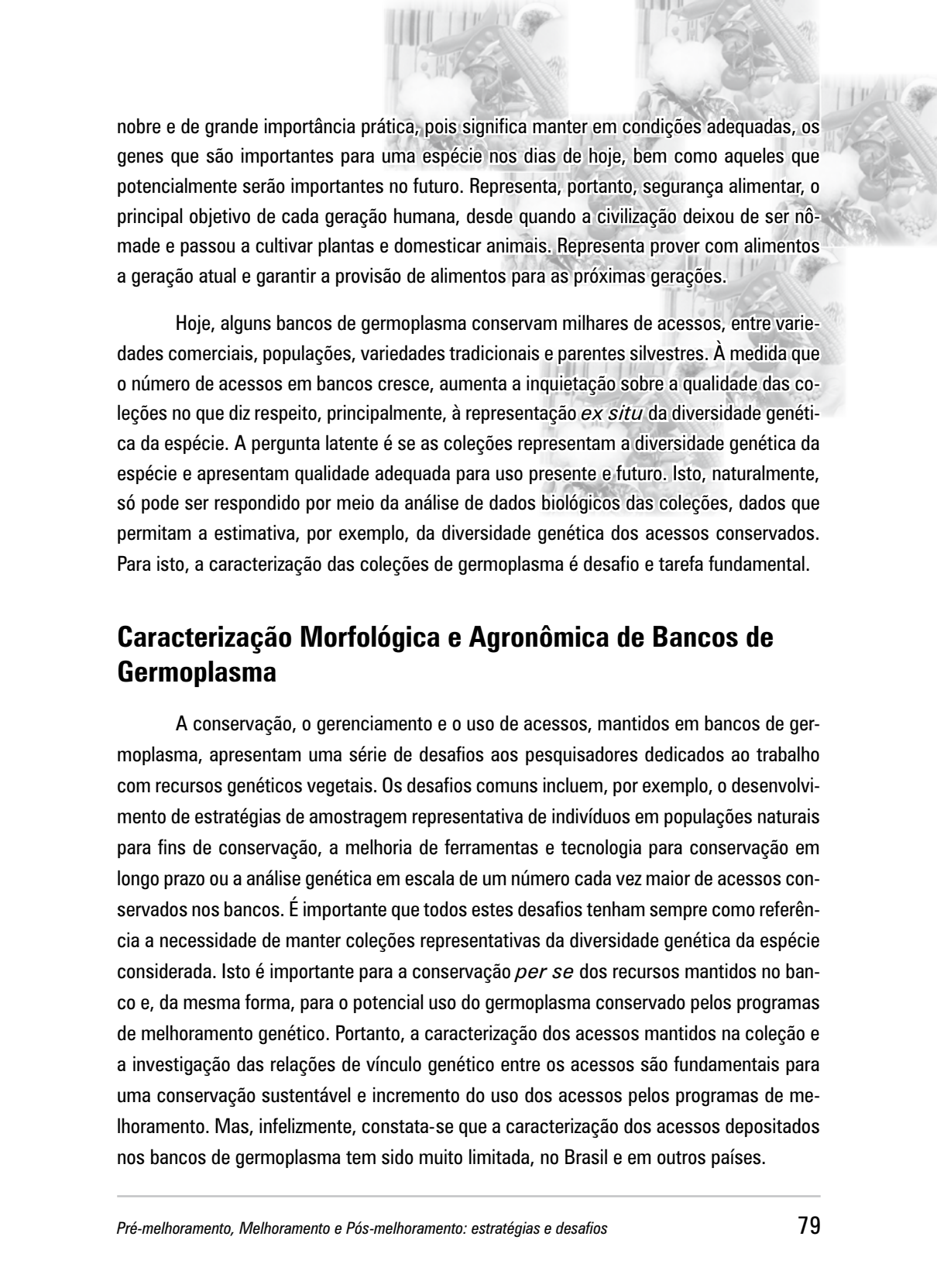
Por outro lado, a diversidade genética é a fonte primária dos programas de melhoramento. Sem variabilidade não há ganho genético. Daí o conflito entre a diminuição de diversidade para se obter uma nova variedade e a necessidade de diversidade genética para alimentar o próprio programa de melhoramento ao longo das gerações.

O emprego em escala de variedades melhoradas contribui para a redução da diversidade genética da espécie cultivada também no ambiente agrícola. Este processo torna mais homogênea a produção, com o plantio de certas variedades em largas áreas, ou o uso de variedades aparentadas em áreas mais extensas ainda. Isto é reflexo direto do estreitamento da base genética dos programas de melhoramento. Como conseqüência, observa-se maior vulnerabilidade genética nos plantios da espécie (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1972). Em outras palavras, o cultivo passa a ser potencialmente mais suscetível ao ataque de patógenos e pragas, justamente por não apresentar diversidade genética ampla para compensar a variabilidade de populações de patógenos e pragas nas lavouras (BROWN, 2008). Vários países já assistiram a catástrofes causadas pela vulnerabilidade genética advinda do emprego de variedades aparentadas em grandes áreas.

Redes de Proteção e Conservação de Recursos Genéticos

O termo “erosão genética” vem sendo usado para qualificar a perda de diversidade genética de uma espécie (VELLÉ, 1993). Redes nacionais e internacionais de proteção e conservação de recursos genéticos foram criadas em vários países para minimizar o impacto do processo de perda de variedades tradicionais e parentes silvestres das espécies cultivadas (HOISINGTON et al., 1999). Esse impacto não se faz sentir de imediato. Mas ele será devastador no futuro, em face da necessidade de explorar variabilidade genética quando ela não mais for abundante, a menos que iniciativas de conservação sejam tomadas. A inspiração inicial para a conservação de germoplasma advém dos trabalhos de Vavilov e outros, ainda no início do século passado, preocupados que já estavam com o futuro da agricultura no planeta.

Um dos resultados positivos destas redes de conservação de recursos genéticos tem sido a construção de bancos de germoplasma de acessos de cada espécie agrícola (HOISINGTON et al., 1999). Estes bancos assumem diferentes feições nos diversos países, mas têm por objetivo comum a representação e conservação, para uso presente e futuro, da diversidade genética de uma espécie. Conservar recursos genéticos, portanto, é tarefa

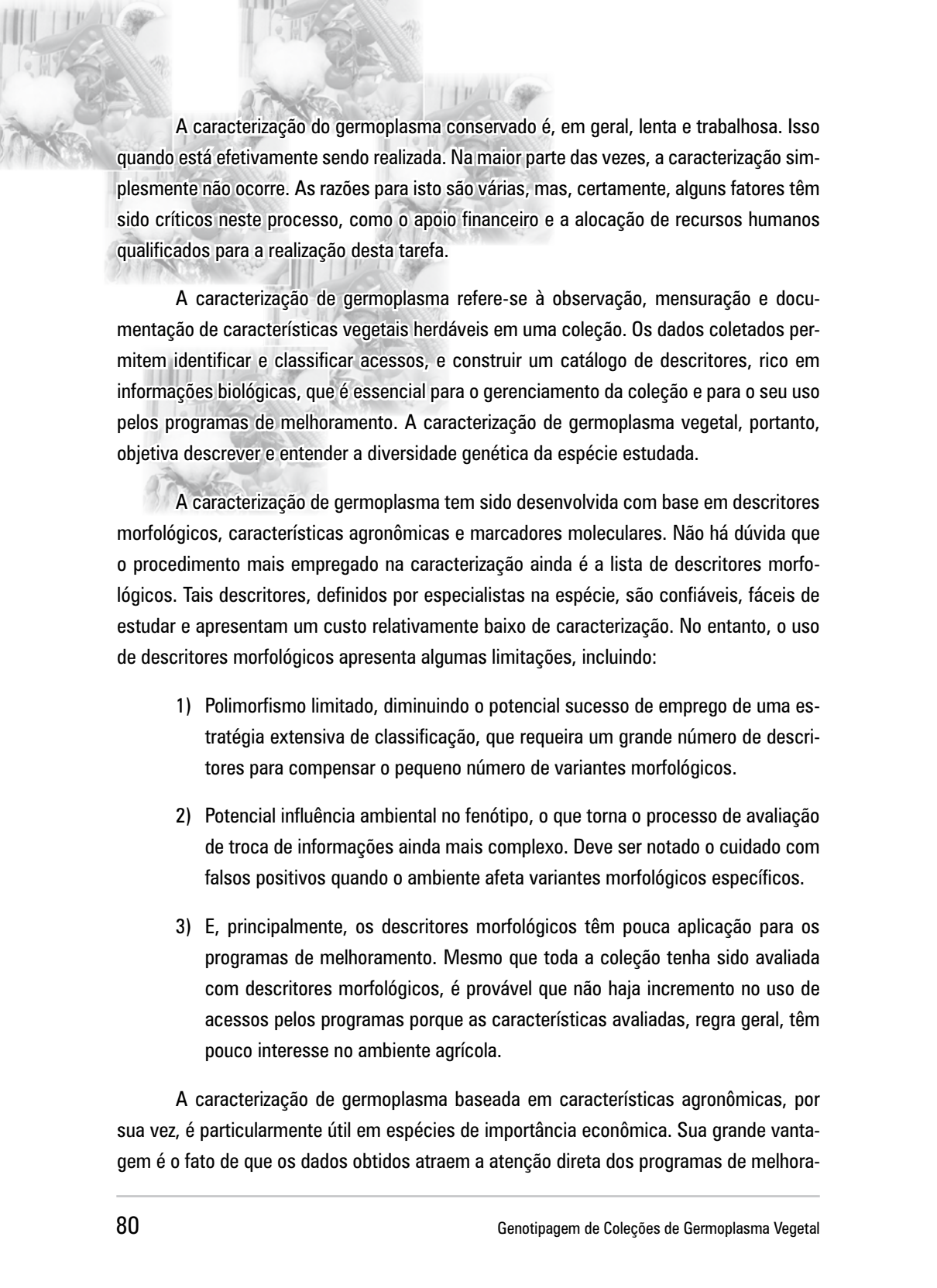


nobre e de grande importância prática, pois significa manter em condições adequadas, os genes que são importantes para uma espécie nos dias de hoje, bem como aqueles que potencialmente serão importantes no futuro. Representa, portanto, segurança alimentar, o principal objetivo de cada geração humana, desde quando a civilização deixou de ser nômade e passou a cultivar plantas e domesticar animais. Representa prover com alimentos a geração atual e garantir a provisão de alimentos para as próximas gerações.

Hoje, alguns bancos de germoplasma conservam milhares de acessos, entre variedades comerciais, populações, variedades tradicionais e parentes silvestres. À medida que o número de acessos em bancos cresce, aumenta a inquietação sobre a qualidade das coleções no que diz respeito, principalmente, à representação *ex situ* da diversidade genética da espécie. A pergunta latente é se as coleções representam a diversidade genética da espécie e apresentam qualidade adequada para uso presente e futuro. Isto, naturalmente, só pode ser respondido por meio da análise de dados biológicos das coleções, dados que permitam a estimativa, por exemplo, da diversidade genética dos acessos conservados. Para isto, a caracterização das coleções de germoplasma é desafio e tarefa fundamental.

Caracterização Morfológica e Agrônômica de Bancos de Germoplasma

A conservação, o gerenciamento e o uso de acessos, mantidos em bancos de germoplasma, apresentam uma série de desafios aos pesquisadores dedicados ao trabalho com recursos genéticos vegetais. Os desafios comuns incluem, por exemplo, o desenvolvimento de estratégias de amostragem representativa de indivíduos em populações naturais para fins de conservação, a melhoria de ferramentas e tecnologia para conservação em longo prazo ou a análise genética em escala de um número cada vez maior de acessos conservados nos bancos. É importante que todos estes desafios tenham sempre como referência a necessidade de manter coleções representativas da diversidade genética da espécie considerada. Isto é importante para a conservação *per se* dos recursos mantidos no banco e, da mesma forma, para o potencial uso do germoplasma conservado pelos programas de melhoramento genético. Portanto, a caracterização dos acessos mantidos na coleção e a investigação das relações de vínculo genético entre os acessos são fundamentais para uma conservação sustentável e incremento do uso dos acessos pelos programas de melhoramento. Mas, infelizmente, constata-se que a caracterização dos acessos depositados nos bancos de germoplasma tem sido muito limitada, no Brasil e em outros países.



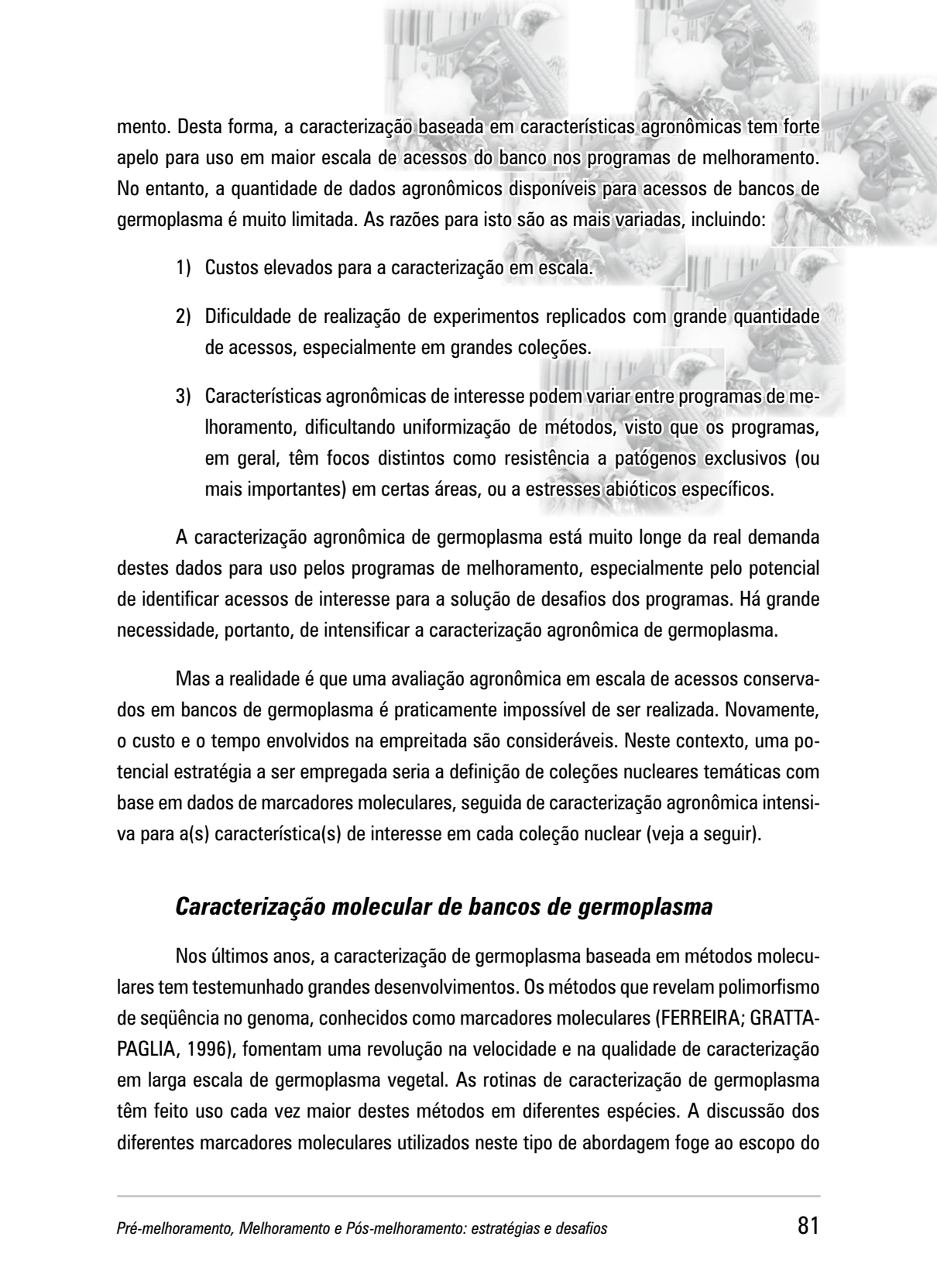
A caracterização do germoplasma conservado é, em geral, lenta e trabalhosa. Isso quando está efetivamente sendo realizada. Na maior parte das vezes, a caracterização simplesmente não ocorre. As razões para isto são várias, mas, certamente, alguns fatores têm sido críticos neste processo, como o apoio financeiro e a alocação de recursos humanos qualificados para a realização desta tarefa.

A caracterização de germoplasma refere-se à observação, mensuração e documentação de características vegetais herdáveis em uma coleção. Os dados coletados permitem identificar e classificar acessos, e construir um catálogo de descritores, rico em informações biológicas, que é essencial para o gerenciamento da coleção e para o seu uso pelos programas de melhoramento. A caracterização de germoplasma vegetal, portanto, objetiva descrever e entender a diversidade genética da espécie estudada.

A caracterização de germoplasma tem sido desenvolvida com base em descritores morfológicos, características agrônômicas e marcadores moleculares. Não há dúvida que o procedimento mais empregado na caracterização ainda é a lista de descritores morfológicos. Tais descritores, definidos por especialistas na espécie, são confiáveis, fáceis de estudar e apresentam um custo relativamente baixo de caracterização. No entanto, o uso de descritores morfológicos apresenta algumas limitações, incluindo:

- 1) Polimorfismo limitado, diminuindo o potencial sucesso de emprego de uma estratégia extensiva de classificação, que requeira um grande número de descritores para compensar o pequeno número de variantes morfológicas.
- 2) Potencial influência ambiental no fenótipo, o que torna o processo de avaliação de troca de informações ainda mais complexo. Deve ser notado o cuidado com falsos positivos quando o ambiente afeta variantes morfológicas específicos.
- 3) E, principalmente, os descritores morfológicos têm pouca aplicação para os programas de melhoramento. Mesmo que toda a coleção tenha sido avaliada com descritores morfológicos, é provável que não haja incremento no uso de acessos pelos programas porque as características avaliadas, regra geral, têm pouco interesse no ambiente agrícola.

A caracterização de germoplasma baseada em características agrônômicas, por sua vez, é particularmente útil em espécies de importância econômica. Sua grande vantagem é o fato de que os dados obtidos atraem a atenção direta dos programas de melhora-



mento. Desta forma, a caracterização baseada em características agrônômicas tem forte apelo para uso em maior escala de acessos do banco nos programas de melhoramento. No entanto, a quantidade de dados agrônômicos disponíveis para acessos de bancos de germoplasma é muito limitada. As razões para isto são as mais variadas, incluindo:

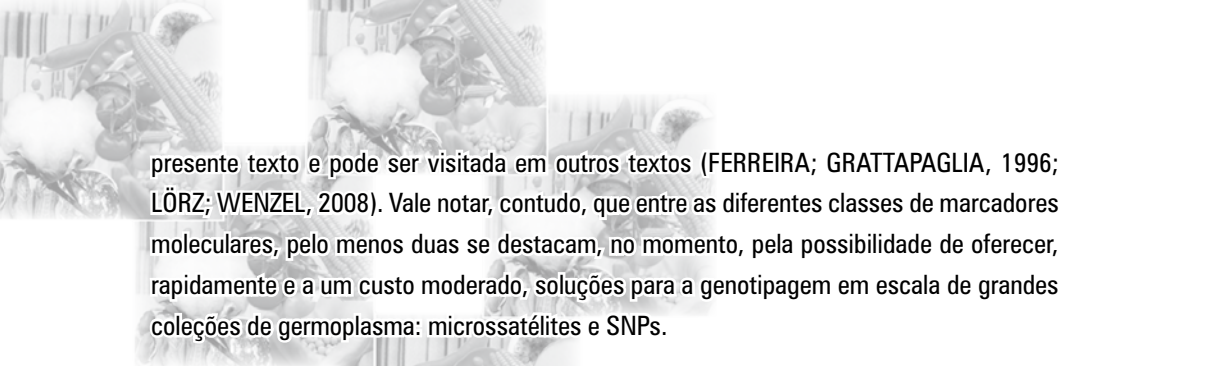
- 1) Custos elevados para a caracterização em escala.
- 2) Dificuldade de realização de experimentos replicados com grande quantidade de acessos, especialmente em grandes coleções.
- 3) Características agrônômicas de interesse podem variar entre programas de melhoramento, dificultando uniformização de métodos, visto que os programas, em geral, têm focos distintos como resistência a patógenos exclusivos (ou mais importantes) em certas áreas, ou a estresses abióticos específicos.

A caracterização agrônômica de germoplasma está muito longe da real demanda destes dados para uso pelos programas de melhoramento, especialmente pelo potencial de identificar acessos de interesse para a solução de desafios dos programas. Há grande necessidade, portanto, de intensificar a caracterização agrônômica de germoplasma.

Mas a realidade é que uma avaliação agrônômica em escala de acessos conservados em bancos de germoplasma é praticamente impossível de ser realizada. Novamente, o custo e o tempo envolvidos na empreitada são consideráveis. Neste contexto, uma potencial estratégia a ser empregada seria a definição de coleções nucleares temáticas com base em dados de marcadores moleculares, seguida de caracterização agrônômica intensiva para a(s) característica(s) de interesse em cada coleção nuclear (veja a seguir).

Caracterização molecular de bancos de germoplasma

Nos últimos anos, a caracterização de germoplasma baseada em métodos moleculares tem testemunhado grandes desenvolvimentos. Os métodos que revelam polimorfismo de seqüência no genoma, conhecidos como marcadores moleculares (FERREIRA; GRATTA-PAGLIA, 1996), fomentam uma revolução na velocidade e na qualidade de caracterização em larga escala de germoplasma vegetal. As rotinas de caracterização de germoplasma têm feito uso cada vez maior destes métodos em diferentes espécies. A discussão dos diferentes marcadores moleculares utilizados neste tipo de abordagem foge ao escopo do

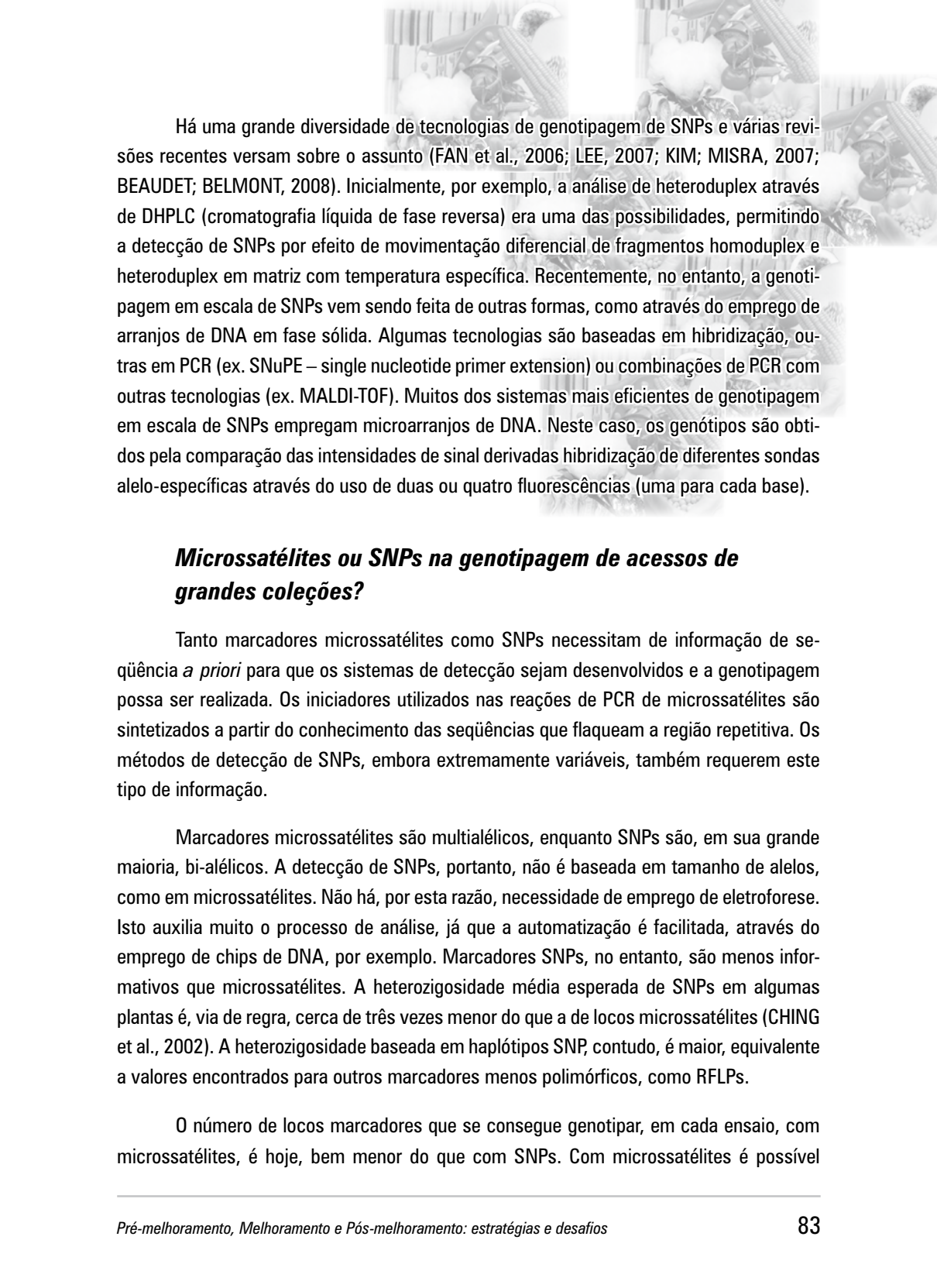


presente texto e pode ser visitada em outros textos (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1996; LÖRZ; WENZEL, 2008). Vale notar, contudo, que entre as diferentes classes de marcadores moleculares, pelo menos duas se destacam, no momento, pela possibilidade de oferecer, rapidamente e a um custo moderado, soluções para a genotipagem em escala de grandes coleções de germoplasma: microsatélites e SNPs.

Microsatélites ou seqüências simples repetidas (Simple Sequence Repeats – SSR) (TAUTZ, 1989; WEBER; MAY, 1989) são regiões genômicas bem exploradas como ferramentas moleculares pelo alto polimorfismo, co-dominância, abundância e alto conteúdo informativo (FERREIRA and GRATTAPAGLIA, 1996). Regiões microsatélites têm sido identificadas no genoma de grande número de espécies vegetais, e marcadores têm sido desenvolvidos para análise genética das mesmas, com base no nível de polimorfismo, qualidade e localização cromossômica. O uso de painéis de marcadores microsatélites marcados com fluorocromos para análise em seqüenciadores automáticos de DNA permite a genotipagem simultânea de um grande número de acessos (PESSOA-FILHO et al., 2007), possibilitando reunir rapidamente informações genéticas relevantes sobre os acessos mantidos nos bancos de germoplasma. Marcadores microsatélites podem ser usados com eficiência para caracterizar molecularmente grandes coleções de germoplasma e extrair informações sobre a diversidade genética destas coleções.

Polimorfismos de nucleotídeo único ou polimorfismo mononucleotídeo, da sigla SNPs (single nucleotide polymorphisms), representam a classe de marcadores de DNA mais abundante do genoma eucarioto, visto que são baseados no polimorfismo definido pela mutação da seqüência de DNA em um sítio do genoma (KWOK et al., 1996; RISCH; MERIKANGAS, 1996). A substituição de uma base por outra, caracterizando uma mutação, ou ainda pequenas inserções e deleções, tipicamente não afeta o fenótipo. Mas, quando ocorre em região codante ou reguladora de expressão gênica, pode ter uma gradação de efeitos no fenótipo observado.

A descoberta de SNPs é geralmente centrada no re-sequenciamento de produtos de PCR (amplicons) em DNA extraído de uma amostra diversa de acessos da espécie estudada, ou análise de dados de bibliotecas genômicas ou de cDNA (SNP eletrônico ou eSNP) obtidas de um grupo de indivíduos de uma espécie (RAFALSKI, 2002). Uma vez descobertos e selecionados os SNPs que serão utilizados em atividades de genotipagem de acessos de coleção de germoplasma, deve-se definir o procedimento de genotipagem de SNPs.



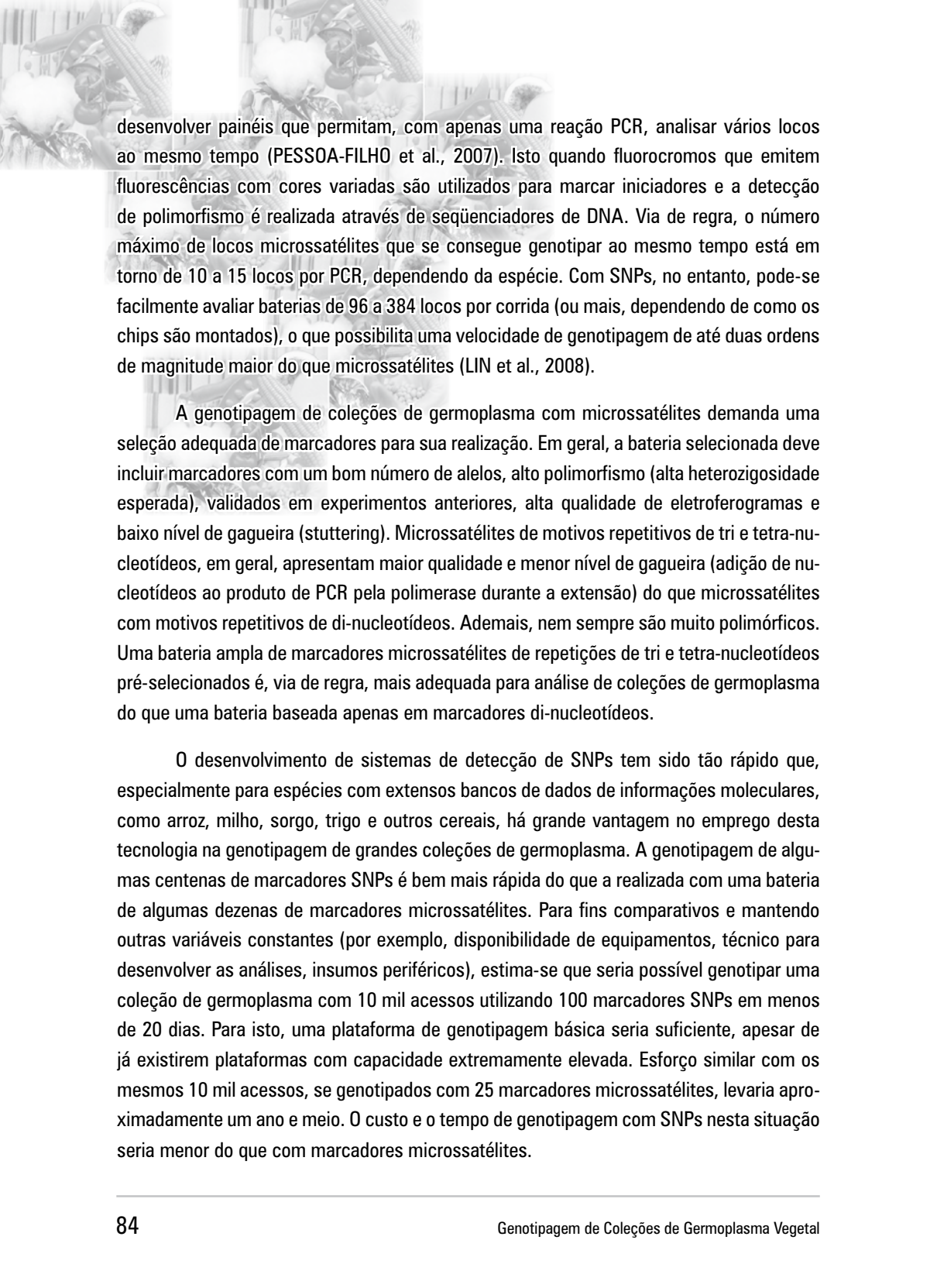
Há uma grande diversidade de tecnologias de genotipagem de SNPs e várias revisões recentes versam sobre o assunto (FAN et al., 2006; LEE, 2007; KIM; MISRA, 2007; BEAUDET; BELMONT, 2008). Inicialmente, por exemplo, a análise de heteroduplex através de DHPLC (cromatografia líquida de fase reversa) era uma das possibilidades, permitindo a detecção de SNPs por efeito de movimentação diferencial de fragmentos homoduplex e heteroduplex em matriz com temperatura específica. Recentemente, no entanto, a genotipagem em escala de SNPs vem sendo feita de outras formas, como através do emprego de arranjos de DNA em fase sólida. Algumas tecnologias são baseadas em hibridização, outras em PCR (ex. SNUPE – single nucleotide primer extension) ou combinações de PCR com outras tecnologias (ex. MALDI-TOF). Muitos dos sistemas mais eficientes de genotipagem em escala de SNPs empregam microarranjos de DNA. Neste caso, os genótipos são obtidos pela comparação das intensidades de sinal derivadas hibridização de diferentes sondas alelo-específicas através do uso de duas ou quatro fluorescências (uma para cada base).

Microsatélites ou SNPs na genotipagem de acessos de grandes coleções?

Tanto marcadores microsatélites como SNPs necessitam de informação de seqüência *a priori* para que os sistemas de detecção sejam desenvolvidos e a genotipagem possa ser realizada. Os iniciadores utilizados nas reações de PCR de microsatélites são sintetizados a partir do conhecimento das seqüências que flaqueiam a região repetitiva. Os métodos de detecção de SNPs, embora extremamente variáveis, também requerem este tipo de informação.

Marcadores microsatélites são multialélicos, enquanto SNPs são, em sua grande maioria, bi-alélicos. A detecção de SNPs, portanto, não é baseada em tamanho de alelos, como em microsatélites. Não há, por esta razão, necessidade de emprego de eletroforese. Isto auxilia muito o processo de análise, já que a automatização é facilitada, através do emprego de chips de DNA, por exemplo. Marcadores SNPs, no entanto, são menos informativos que microsatélites. A heterozigosidade média esperada de SNPs em algumas plantas é, via de regra, cerca de três vezes menor do que a de locos microsatélites (CHING et al., 2002). A heterozigosidade baseada em haplótipos SNP, contudo, é maior, equivalente a valores encontrados para outros marcadores menos polimórficos, como RFLPs.

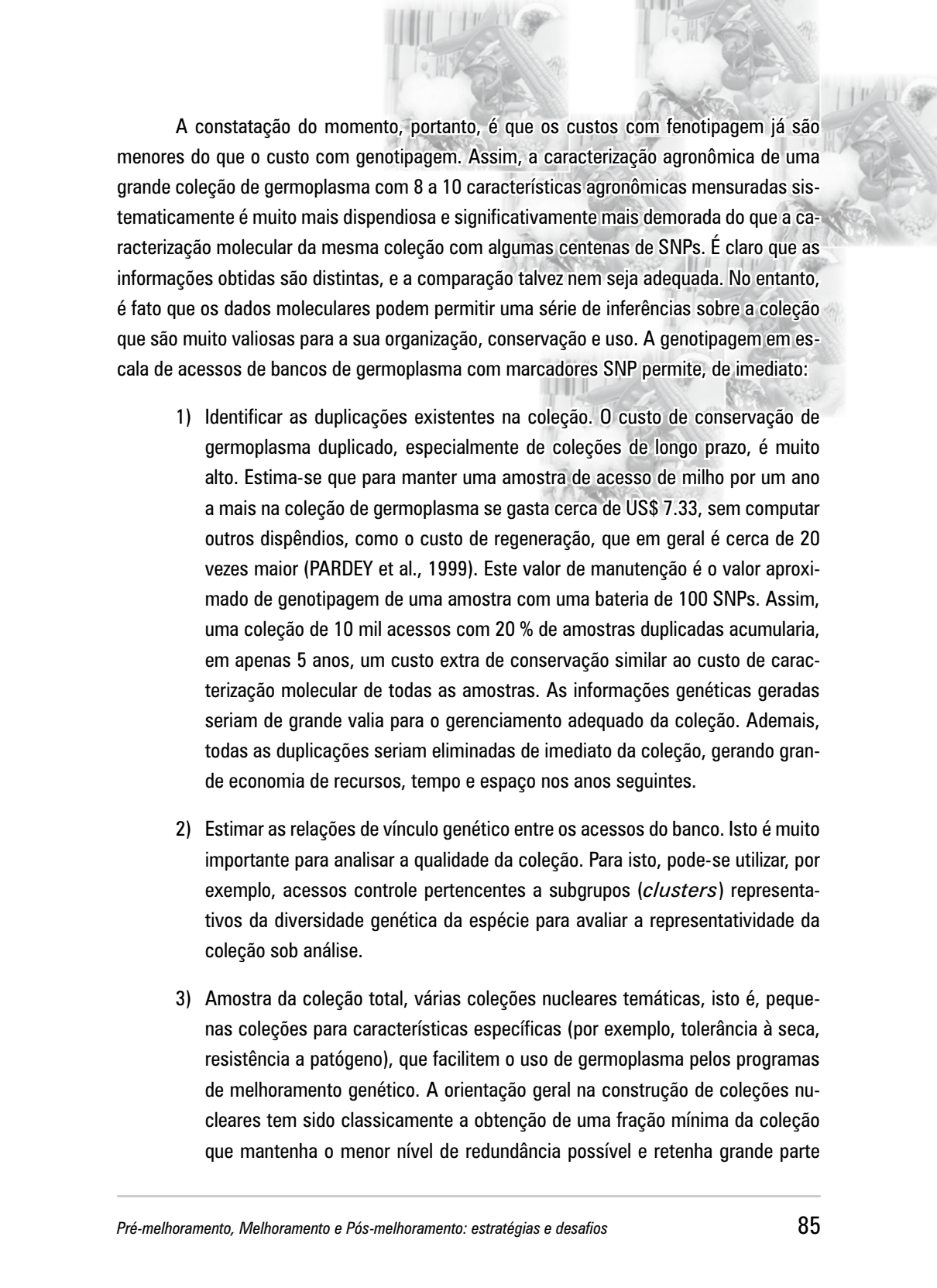
O número de locos marcadores que se consegue genotipar, em cada ensaio, com microsatélites, é hoje, bem menor do que com SNPs. Com microsatélites é possível



desenvolver painéis que permitam, com apenas uma reação PCR, analisar vários locos ao mesmo tempo (PESSOA-FILHO et al., 2007). Isto quando fluorocromos que emitem fluorescências com cores variadas são utilizados para marcar iniciadores e a detecção de polimorfismo é realizada através de seqüenciadores de DNA. Via de regra, o número máximo de locos microssatélites que se consegue genotipar ao mesmo tempo está em torno de 10 a 15 locos por PCR, dependendo da espécie. Com SNPs, no entanto, pode-se facilmente avaliar baterias de 96 a 384 locos por corrida (ou mais, dependendo de como os chips são montados), o que possibilita uma velocidade de genotipagem de até duas ordens de magnitude maior do que microssatélites (LIN et al., 2008).

A genotipagem de coleções de germoplasma com microssatélites demanda uma seleção adequada de marcadores para sua realização. Em geral, a bateria selecionada deve incluir marcadores com um bom número de alelos, alto polimorfismo (alta heterozigosidade esperada), validados em experimentos anteriores, alta qualidade de eletroferogramas e baixo nível de gagueira (stuttering). Microssatélites de motivos repetitivos de tri e tetra-nucleotídeos, em geral, apresentam maior qualidade e menor nível de gagueira (adição de nucleotídeos ao produto de PCR pela polimerase durante a extensão) do que microssatélites com motivos repetitivos de di-nucleotídeos. Ademais, nem sempre são muito polimórficos. Uma bateria ampla de marcadores microssatélites de repetições de tri e tetra-nucleotídeos pré-selecionados é, via de regra, mais adequada para análise de coleções de germoplasma do que uma bateria baseada apenas em marcadores di-nucleotídeos.

O desenvolvimento de sistemas de detecção de SNPs tem sido tão rápido que, especialmente para espécies com extensos bancos de dados de informações moleculares, como arroz, milho, sorgo, trigo e outros cereais, há grande vantagem no emprego desta tecnologia na genotipagem de grandes coleções de germoplasma. A genotipagem de algumas centenas de marcadores SNPs é bem mais rápida do que a realizada com uma bateria de algumas dezenas de marcadores microssatélites. Para fins comparativos e mantendo outras variáveis constantes (por exemplo, disponibilidade de equipamentos, técnico para desenvolver as análises, insumos periféricos), estima-se que seria possível genotipar uma coleção de germoplasma com 10 mil acessos utilizando 100 marcadores SNPs em menos de 20 dias. Para isto, uma plataforma de genotipagem básica seria suficiente, apesar de já existirem plataformas com capacidade extremamente elevada. Esforço similar com os mesmos 10 mil acessos, se genotipados com 25 marcadores microssatélites, levaria aproximadamente um ano e meio. O custo e o tempo de genotipagem com SNPs nesta situação seria menor do que com marcadores microssatélites.



A constatação do momento, portanto, é que os custos com fenotipagem já são menores do que o custo com genotipagem. Assim, a caracterização agrônômica de uma grande coleção de germoplasma com 8 a 10 características agrônômicas mensuradas sistematicamente é muito mais dispendiosa e significativamente mais demorada do que a caracterização molecular da mesma coleção com algumas centenas de SNPs. É claro que as informações obtidas são distintas, e a comparação talvez nem seja adequada. No entanto, é fato que os dados moleculares podem permitir uma série de inferências sobre a coleção que são muito valiosas para a sua organização, conservação e uso. A genotipagem em escala de acessos de bancos de germoplasma com marcadores SNP permite, de imediato:

- 1) Identificar as duplicações existentes na coleção. O custo de conservação de germoplasma duplicado, especialmente de coleções de longo prazo, é muito alto. Estima-se que para manter uma amostra de acesso de milho por um ano a mais na coleção de germoplasma se gasta cerca de US\$ 7.33, sem computar outros dispêndios, como o custo de regeneração, que em geral é cerca de 20 vezes maior (PARDEY et al., 1999). Este valor de manutenção é o valor aproximado de genotipagem de uma amostra com uma bateria de 100 SNPs. Assim, uma coleção de 10 mil acessos com 20 % de amostras duplicadas acumularia, em apenas 5 anos, um custo extra de conservação similar ao custo de caracterização molecular de todas as amostras. As informações genéticas geradas seriam de grande valia para o gerenciamento adequado da coleção. Ademais, todas as duplicações seriam eliminadas de imediato da coleção, gerando grande economia de recursos, tempo e espaço nos anos seguintes.
- 2) Estimar as relações de vínculo genético entre os acessos do banco. Isto é muito importante para analisar a qualidade da coleção. Para isto, pode-se utilizar, por exemplo, acessos controle pertencentes a subgrupos (*clusters*) representativos da diversidade genética da espécie para avaliar a representatividade da coleção sob análise.
- 3) Amostra da coleção total, várias coleções nucleares temáticas, isto é, pequenas coleções para características específicas (por exemplo, tolerância à seca, resistência a patógeno), que facilitem o uso de germoplasma pelos programas de melhoramento genético. A orientação geral na construção de coleções nucleares tem sido classicamente a obtenção de uma fração mínima da coleção que mantenha o menor nível de redundância possível e retenha grande parte



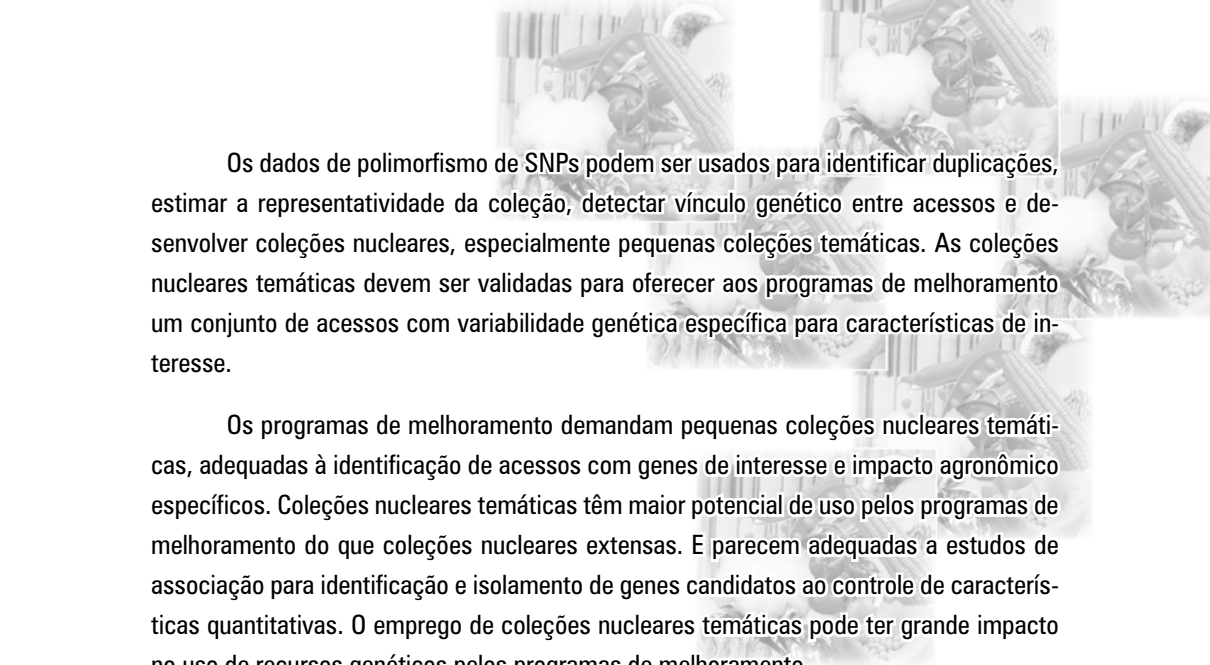
da diversidade genética (FRANKEL; BROWN, 1984). Do ponto de vista prático, para algumas espécies isto quase sempre tem resultado em coleções nucleares que, embora menores do que a original, ainda atingem alguns milhares de acessos (YAN et al., 2007). Isto, por certo, tem sido um grande avanço na redução do tamanho de grandes coleções, mas não necessariamente tem facilitado o emprego destas coleções pelos programas de melhoramento. Várias coleções menores, de algumas poucas centenas de acessos, mas com alta variabilidade para características específicas podem ser mais úteis para uso pelos programas de melhoramento.

O emprego de marcadores SNP na genotipagem de grandes coleções pode ser usado para definir várias coleções nucleares temáticas, que seriam em seguida validadas com maior facilidade pela caracterização agrônômica para as características específicas. Note-se ainda que as coleções nucleares além de serem usadas para avaliação intensiva de características de importância agrônômica, servem ao propósito de estudos de associação visando ao isolamento de genes candidatos ao controle de características quantitativas (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 2006), através de re-sequenciamento e fenotipagem intensivos. Tais iniciativas permitem afirmar que a integração de tecnologia genômica na caracterização de bancos de germoplasma terá papel cada vez mais importante na conservação e uso de recursos genéticos no melhoramento de plantas.

Considerações Finais

As coleções de germoplasma de algumas espécies atingem grandes volumes de acessos, e continuam crescendo. A caracterização de germoplasma é fundamental para estimar a qualidade das coleções e avaliar a representação da diversidade genética da espécie nas mesmas. Os dados de caracterização são também essenciais para aumentar o uso de acessos pelos programas de melhoramento.

A caracterização baseada em descritores morfológicos, embora importante, é pouco útil para os programas de melhoramento. A caracterização agrônômica, embora desejada, é cara e difícil de ser realizada. A caracterização molecular e, neste momento, especialmente o uso de marcadores SNP, é uma grande alternativa para facilitar a organização e uso dos acessos mantidos em bancos de germoplasma.



Os dados de polimorfismo de SNPs podem ser usados para identificar duplicações, estimar a representatividade da coleção, detectar vínculo genético entre acessos e desenvolver coleções nucleares, especialmente pequenas coleções temáticas. As coleções nucleares temáticas devem ser validadas para oferecer aos programas de melhoramento um conjunto de acessos com variabilidade genética específica para características de interesse.

Os programas de melhoramento demandam pequenas coleções nucleares temáticas, adequadas à identificação de acessos com genes de interesse e impacto agrônomico específicos. Coleções nucleares temáticas têm maior potencial de uso pelos programas de melhoramento do que coleções nucleares extensas. E parecem adequadas a estudos de associação para identificação e isolamento de genes candidatos ao controle de características quantitativas. O emprego de coleções nucleares temáticas pode ter grande impacto no uso de recursos genéticos pelos programas de melhoramento.

Referências

BEAUDET, A. L.; BELMONT, J. W. Array-based DNA diagnostics: let the revolution begin. *Annual Review of Medicine*, Palo Alto, v. 59, p. 113-129, 2008.

BROWN, W. L. Genetic diversity and genetic vulnerability: an appraisal. *Economic Botany*, New York, v. 37, n. 1, p. 4-12, 2008.

CHING, A.; CALDWELL, K. S.; JUNG, M.; DOLAN, M.; SMITH, O. S.; TINGEY, S.; MORGANTE, M.; RAFALSKI, A. J. SNP frequency, haplotype structure and linkage disequilibrium in elite maize inbred lines. *BMC Genetics*, v. 3, n. 19, p. 1-14, 2002.

FAN, J. B.; CHEE, M. S.; GUNDERSON, K. L. Highly parallel genomic assays. *Nature Reviews - Genetics*, London, v. 7, n. 8, p. 632-644, 2006.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 2. ed. Brasília: Embrapa Cenargen, 1996. 220 p. (Embrapa Cenargen. Documentos, 20).

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. Genética de associação em plantas. In: BORÉM, A.; CAIXETA, E. (Ed.). *Marcadores moleculares*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. cap. 8, p. 273-306.

FRANKEL, O. H.; BROWN, A. H. D. Current plant genetic resources: a critical appraisal. In: CHOPRA, V. L.; JOSHI, B. C.; SHARMA, R. P.; BANSAL, H. C. (Ed.). *Genetics: new frontiers*. New Delhi: Oxford: IBH, 1984. v. 4, p. 1-11.

HOISINGTON, D.; KHAIRALLAH, M.; REEVES, T.; RIBAUT, J. M.; SKOVMAND, B.; TABA, S.; WARBURTON, M. Plant genetic resources: what can they contribute toward increased crop productivity? Proceedings of the National Academic of Sciences, Washington, v. 99, p. 5937-5943, 1999.

KIM, S.; MISRA, A. SNP genotyping: technologies and biomedical applications. Annual Review of Biomedical Engineering, v. 9, p. 289-320, 2007.

KWOK, P. Y.; DENG, Q.; ZAKERI, H.; NICKERSON, A. Increasing the information content of STS-based genome maps: identifying polymorphisms in mapped STSs. Genomics, San Diego, v. 31, p. 123-126, 1996.

LEE, J. E. High-throughput genotyping. Forum of Nutrition, v. 60, p. 97-101, 2007.

LIN, C. H.; YEAKLEY, J. M.; McDANIEL, T. K.; SHEN, R. Medium - to high -throughput SNP genotyping using VeraCode microbeads. In: BUGERT, P. (Ed.). DNA and RNA profiling in human blood: methods and protocols. Totowa: Humana Press, 2008. p. 129-142. (Methods in Molecular Biology, 496).

LÖRZ, H.; WENZEL, G. (Ed.). Molecular marker systems in plant breeding and crop improvement. 2. ed. New York: Springer, 2008. 478 p. (Biotechnology in Agriculture and Forestry, 55).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Genetic vulnerability of crops. Washington: National Academy of Sciences, 1972.

PARDEY, P. G.; KOO, B.; WRIGHT, B. D.; VAN DUSEN, M. E.; SKOVMAND, B.; TABA, S. Costing the ex situ conservation of genetic resources: maize and wheat at CIMMYT. Washington: International Food Policy Institute, 1999. (EPTD Discussion Papes, 52).

PESSOA-FILHO, M. A.; BELO, A.; ALCOCHETE, A.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E. A set of multiplex panels of microsatellite markers for rapid molecular characterization of rice accessions. BMC Plant Biology, v. 7, p. 23, 2007.

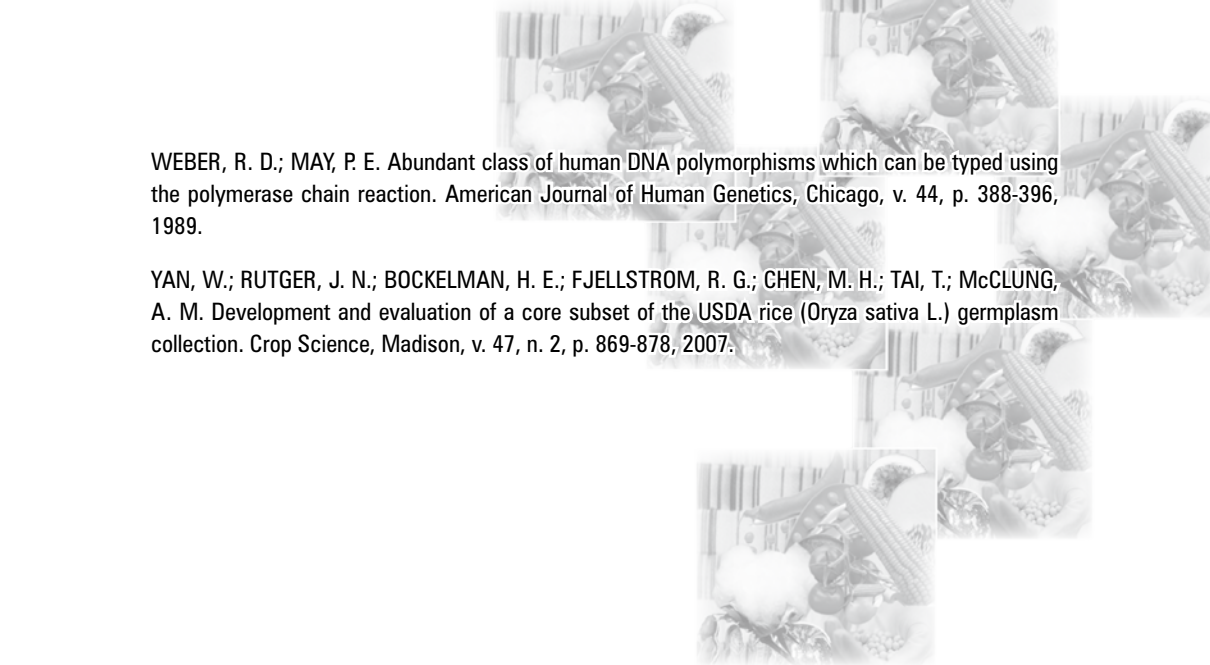
RAFALSKI, A. Applications of single nucleotide polymorphisms in crop genetics. Current Opinion in Plant Biology, v. 5, n. 2, p. 94-100, 2002.

RISCH, N.; MERIKANGAS, K. The future of genetic studies of complex human diseases. Science, Washington, v. 273, p. 1516-1517, 1996.

STUBER, C. W.; HANCOCK, J. Sustaining plant breeding national workshop. Crop Science, Madison, v. 48, p. 25-29, 2008.

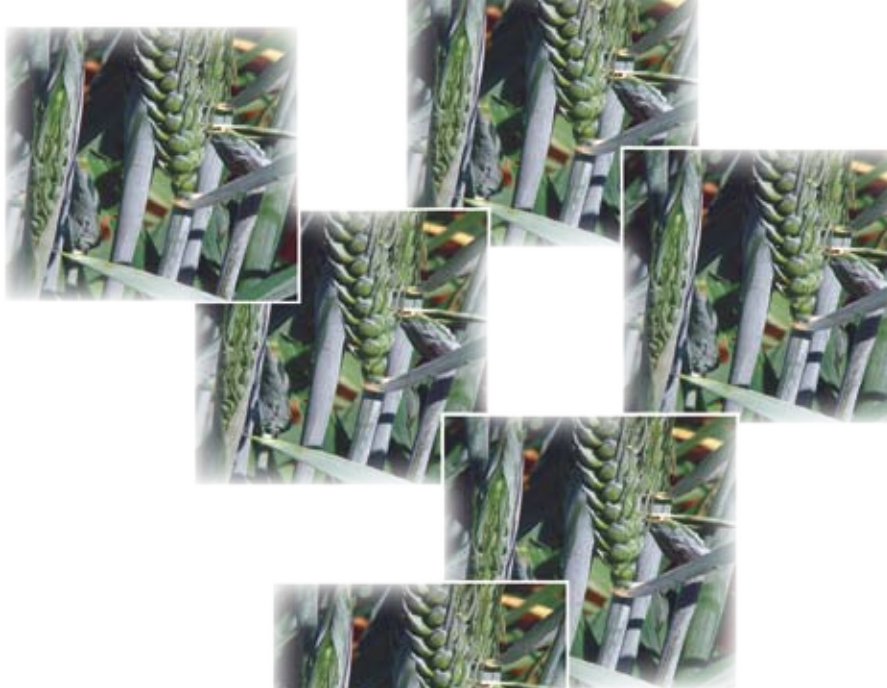
TAUTZ, D. Hypervariability of simple sequences of a general source for polymorphic DNA markers. Nucleic Acids Research, Oxford, v. 17, p. 6463-6471, 1989.

VELLÉ, R. The decline of diversity in European agriculture. Ecologist, Cornwall, v. 23, p. 64-69, 1993.

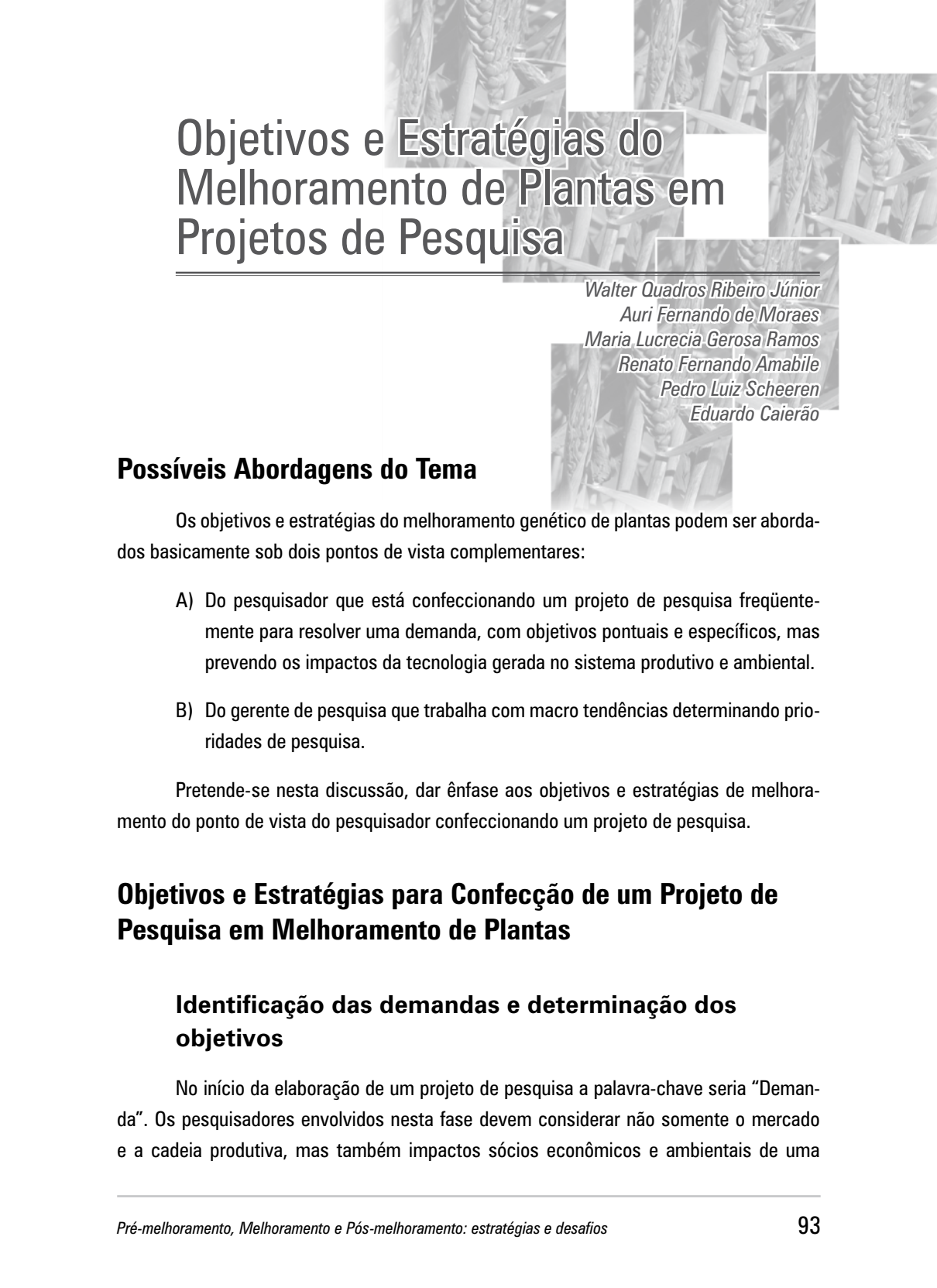


WEBER, R. D.; MAY, P. E. Abundant class of human DNA polymorphisms which can be typed using the polymerase chain reaction. *American Journal of Human Genetics*, Chicago, v. 44, p. 388-396, 1989.

YAN, W.; RUTGER, J. N.; BOCKELMAN, H. E.; FJELLSTROM, R. G.; CHEN, M. H.; TAI, T.; McCLUNG, A. M. Development and evaluation of a core subset of the USDA rice (*Oryza sativa* L.) germplasm collection. *Crop Science*, Madison, v. 47, n. 2, p. 869-878, 2007.



OBJETIVOS E ESTRATÉGIAS DO MELHORAMENTO DE PLANTAS EM PROJETOS DE PESQUISA



Objetivos e Estratégias do Melhoramento de Plantas em Projetos de Pesquisa

*Walter Quadros Ribeiro Júnior
Auri Fernando de Moraes
Maria Lucrecia Gerosa Ramos
Renato Fernando Amabile
Pedro Luiz Scheeren
Eduardo Caierão*

Possíveis Abordagens do Tema

Os objetivos e estratégias do melhoramento genético de plantas podem ser abordados basicamente sob dois pontos de vista complementares:

- A) Do pesquisador que está confeccionando um projeto de pesquisa frequentemente para resolver uma demanda, com objetivos pontuais e específicos, mas prevendo os impactos da tecnologia gerada no sistema produtivo e ambiental.
- B) Do gerente de pesquisa que trabalha com macro tendências determinando prioridades de pesquisa.

Pretende-se nesta discussão, dar ênfase aos objetivos e estratégias de melhoramento do ponto de vista do pesquisador confeccionando um projeto de pesquisa.

Objetivos e Estratégias para Confecção de um Projeto de Pesquisa em Melhoramento de Plantas

Identificação das demandas e determinação dos objetivos

No início da elaboração de um projeto de pesquisa a palavra-chave seria “Demanda”. Os pesquisadores envolvidos nesta fase devem considerar não somente o mercado e a cadeia produtiva, mas também impactos sócios econômicos e ambientais de uma

possível cultivar a ser gerada, portanto com uma visão sistêmica e ampla, que em outras palavras significa sustentabilidade. Deve-se ter em mente que durante as discussões para elaboração do “Plano diretor” das Instituições de pesquisa, todos estes aspectos foram considerados, sendo, portanto, conveniente tê-lo como guia.

Com as demandas bem caracterizadas (certificando-se por uma revisão bibliográfica de que não foram resolvidas anteriormente), os objetivos e metas ficam coerentes com a demanda, tomando-se a precaução de que sejam exeqüíveis, isto é, não muito ambiciosos.

Finalmente, deve-se considerar de forma realista a relação custo/benefício do projeto e os riscos das demandas não serem alcançadas.

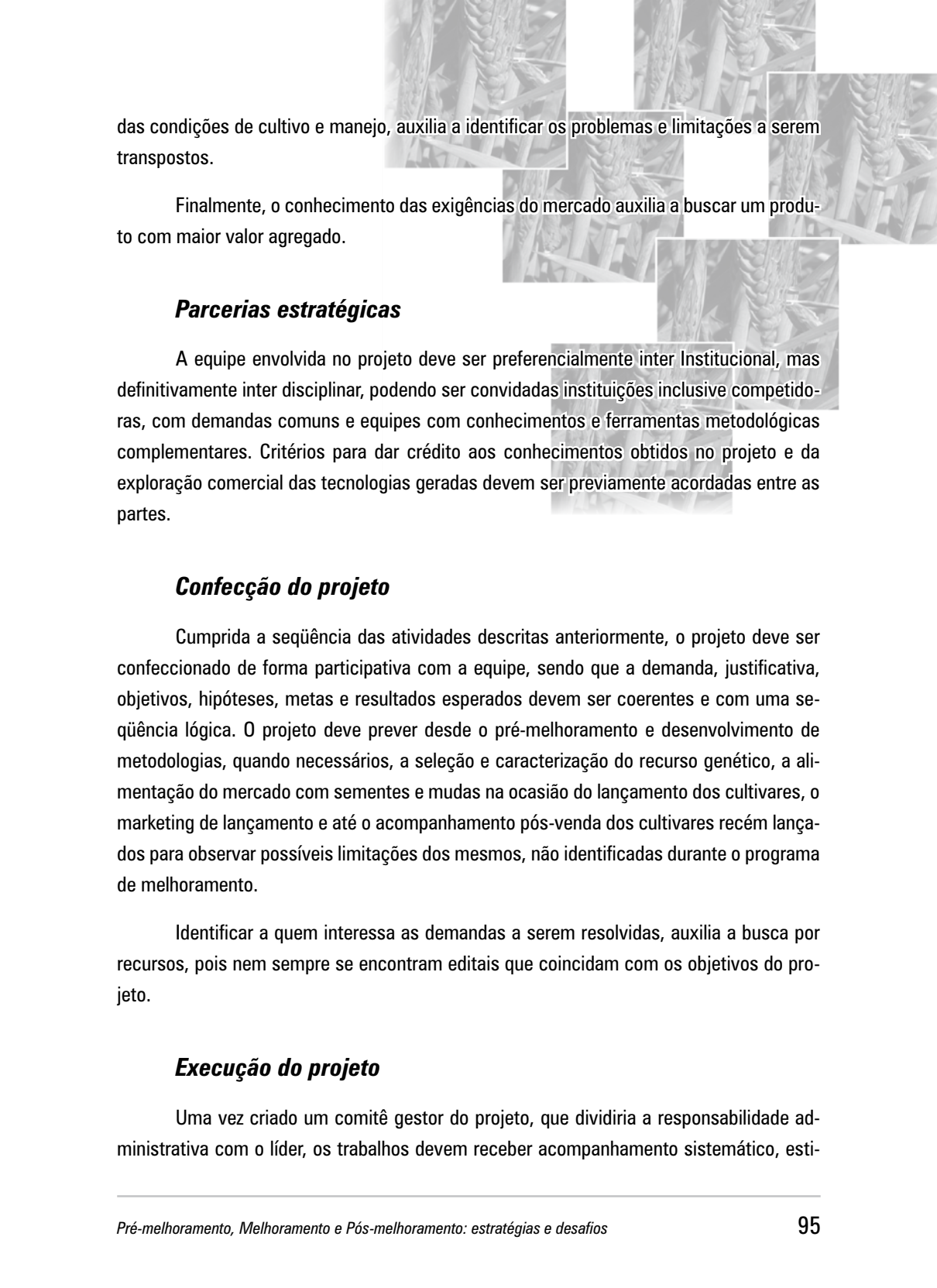
Ferramentas para alcançar as demandas de um projeto de pesquisa em melhoramento de plantas

Do ponto de vista do melhorista, a variabilidade genética da espécie trabalhada, disponível em bancos de germoplasma, é a mais importante ferramenta a ser utilizada. A estratégia em termos de metodologia depende intimamente do pool gênico disponível, e a decisão de buscar maior variabilidade ou genes específicos em espécies afins em um trabalho de pré-melhoramento, deve ser considerada. As atividades do pré-melhoramento são de grande importância para subsidiar a utilização prática dos recursos genéticos e ampliar a base genética dos programas de melhoramento (DUVICK, 1990; NASS; PATERNIANI, 2000; NASS et al., 2007).

Um questionamento obrigatório na espécie vegetal estudada seria a existência de metodologias eficientes de seleção para as características a serem melhoradas e metodologias para transferência de genes. Caso não se domine estas metodologias na espécie alvo, um estudo prévio puramente metodológico deve ser conduzido inicialmente antes do melhoramento propriamente dito.

Particularidades da espécie ou região estudada

O conhecimento do tipo de reprodução da espécie a ser trabalhada (autógama ou alógama), bem como a multiplicação comercial (via sementes, clones e outros) auxilia a decisão da estratégia mais conveniente de melhoramento. Similarmente, o conhecimento



das condições de cultivo e manejo, auxilia a identificar os problemas e limitações a serem transpostos.

Finalmente, o conhecimento das exigências do mercado auxilia a buscar um produto com maior valor agregado.

Parcerias estratégicas

A equipe envolvida no projeto deve ser preferencialmente inter Institucional, mas definitivamente inter disciplinar, podendo ser convidadas instituições inclusive competidoras, com demandas comuns e equipes com conhecimentos e ferramentas metodológicas complementares. Critérios para dar crédito aos conhecimentos obtidos no projeto e da exploração comercial das tecnologias geradas devem ser previamente acordadas entre as partes.

Confecção do projeto

Cumprida a seqüência das atividades descritas anteriormente, o projeto deve ser confeccionado de forma participativa com a equipe, sendo que a demanda, justificativa, objetivos, hipóteses, metas e resultados esperados devem ser coerentes e com uma seqüência lógica. O projeto deve prever desde o pré-melhoramento e desenvolvimento de metodologias, quando necessários, a seleção e caracterização do recurso genético, a alimentação do mercado com sementes e mudas na ocasião do lançamento dos cultivares, o marketing de lançamento e até o acompanhamento pós-venda dos cultivares recém lançados para observar possíveis limitações dos mesmos, não identificadas durante o programa de melhoramento.

Identificar a quem interessa as demandas a serem resolvidas, auxilia a busca por recursos, pois nem sempre se encontram editais que coincidam com os objetivos do projeto.

Execução do projeto

Uma vez criado um comitê gestor do projeto, que dividiria a responsabilidade administrativa com o líder, os trabalhos devem receber acompanhamento sistemático, esti-

mulando o trabalho em equipe e interação entre parceiros, identificando possíveis gargalos e divulgando resultados principalmente aos usuários das tecnologias geradas. Além de se monitorar o andamento dos trabalhos, o comitê deve estar atento às mudanças do ambiente externo. Isto porque com a globalização, o mercado pode tornar-se volúvel, podendo gerar adaptações no projeto para acompanhar esse ambiente externo.

Finalização do projeto

Como o projeto iniciou-se com a criação de uma demanda e objetivos, deve ser finalizado com a avaliação de cumprimento dos mesmos. Deve se considerar a confecção de um novo projeto caso os objetivos não tenham sido alcançados ou tenham surgido novas demandas.

Estudo de Caso: projeto sobre obtenção de genótipos tolerantes à seca em trigo

Situação do projeto

Em andamento, com a parte molecular a ser feita.

Identificação da Demanda

Segundo dados da Conab, o Brasil consome anualmente cerca de 10 milhões de toneladas e tem produzido em torno de 2 a 5 milhões de toneladas, ou seja de 20 % a 50 %. Isto significa uma importação de 5 a 8 milhões de toneladas gerando uma sangria de divisas para o país.

Soluções para a demanda

Um das soluções para suprir esta demanda, seria a viabilização do trigo de sequeiro no Cerrado do Brasil Central. O cultivo de inverno no Brasil Central já é viável e altamente produtivo; Entretanto, a área plantada é pequena devido à necessidade de irrigação e competição com outras espécies mais lucrativas como o feijão. O trigo de sequeiro, se viabilizado, teria uma área potencial de 2 milhões de hectares a 3 milhões de hectares, que com uma produtividade alvo de 2 t ha (1/3 da obtida no inverno), poderia produzir de 4 a 6 milhões de toneladas, o que tornaria o país praticamente auto-suficiente para a atual necessidade média de importação (5 milhões de toneladas).

Estudo sistêmico da introdução da tecnologia

Se a tecnologia gerada atender a demanda identificada pelo projeto, isto é, a auto-suficiência em trigo no Brasil, deve se considerar as conseqüências.

Primeiramente, o Brasil importa trigo, principalmente da Argentina, em acordos comerciais para a exportação de outros produtos brasileiros. Em outras palavras, a importação do cereal pode ser conveniente. Neste caso, se a auto-suficiência for alcançada, o Brasil poderia continuar importando trigo para exportar outros produtos, mas seria também um exportador de trigo como já ocorreu em passado recente. Esta auto-suficiência nos daria um trunfo nas negociações de importação, uma vez que esta importação não seria uma necessidade alimentar absoluta do nosso país e sim um acordo comercial. Nesse caso, o Brasil estaria menos fragilizado nas negociações. Ademais, seria uma questão de segurança alimentar já que trigo é um produto alimentar absolutamente imprescindível no Brasil.

Outro argumento seria que a produção de trigo é uma atividade geradora de empregos, pois envolve uma cadeia produtiva que engloba o produtor rural, os moinhos, a indústria de panificação e outros.

Finalmente, a introdução do trigo na sucessão de culturas do Brasil Central, seria mais uma opção econômica para o produtor rural e diminuiria a pressão de doenças e pragas, principalmente de leguminosas como, por exemplo, o feijoeiro que tem se tornado inviável devido, entre outros motivos, a fungos de solo como fusarium, rizoctônia e mofo branco, com menor utilização de pesticidas. Em outras palavras, daria sustentabilidade ao sistema produtivo.

Limitações do trigo de sequeiro no Cerrado

O trigo de sequeiro ou "safrinha", isto é, cultivado final da estação chuvosa, tem como principais limitações a ocorrência dos veranicos (períodos de interrupção das chuvas), calor e alta incidência de Brusone (*Pericuraria grisea*). Como conseqüência, as produtividades têm variado de 300 kg ha a 2500 kg ha. Como é um cultivo de risco, o produtor investe menos, aumentando ainda mais o risco, criando um círculo vicioso.

Soluções para o estresse hídrico no trigo sequeiro no Cerrado

Uma das opções seriam estudos na área de manejo que minimizem o estresse hídrico, envolvendo plantio direto, gessagem, aplicação de redutor de crescimento, etc. Outra

opção adicional, foco do projeto, seria obtenção de genótipos geneticamente tolerantes à seca.

Estratégia de ação do projeto

Para buscar atingir o principal objetivo do projeto (obtenção de genótipos de trigo tolerantes à seca), a seguinte seqüência de eventos foi planejada:

Fenotipagem de trigo para tolerância à seca

Estratégia utilizada pelo projeto Challenge Program Generation (DURÃES et al., 2006a,b).

Fenotipagem preliminar: Um “screening” inicial com um número grande de materiais, selecionados na área e época alvos (safrinha), em que ocorre um confundimento entre seca e calor e não há controle de aplicação de água, ocorrendo os veranicos de forma não planejada.

Fenotipagem intermediária: Seleção mais precisa que a anterior, conduzida quando não ocorrem precipitações naturais, isto é, podem-se controlar as aplicações de água. Adicionalmente, como é conduzida com temperatura mais baixa que na safrinha, isola-se melhor o fator seca do fator alta temperatura.

Fenotipagem avançada: Em condições controladas (casa de vegetação), onde se confirma a tolerância à seca e ainda tenta-se buscar os mecanismos de tolerância de cada material.

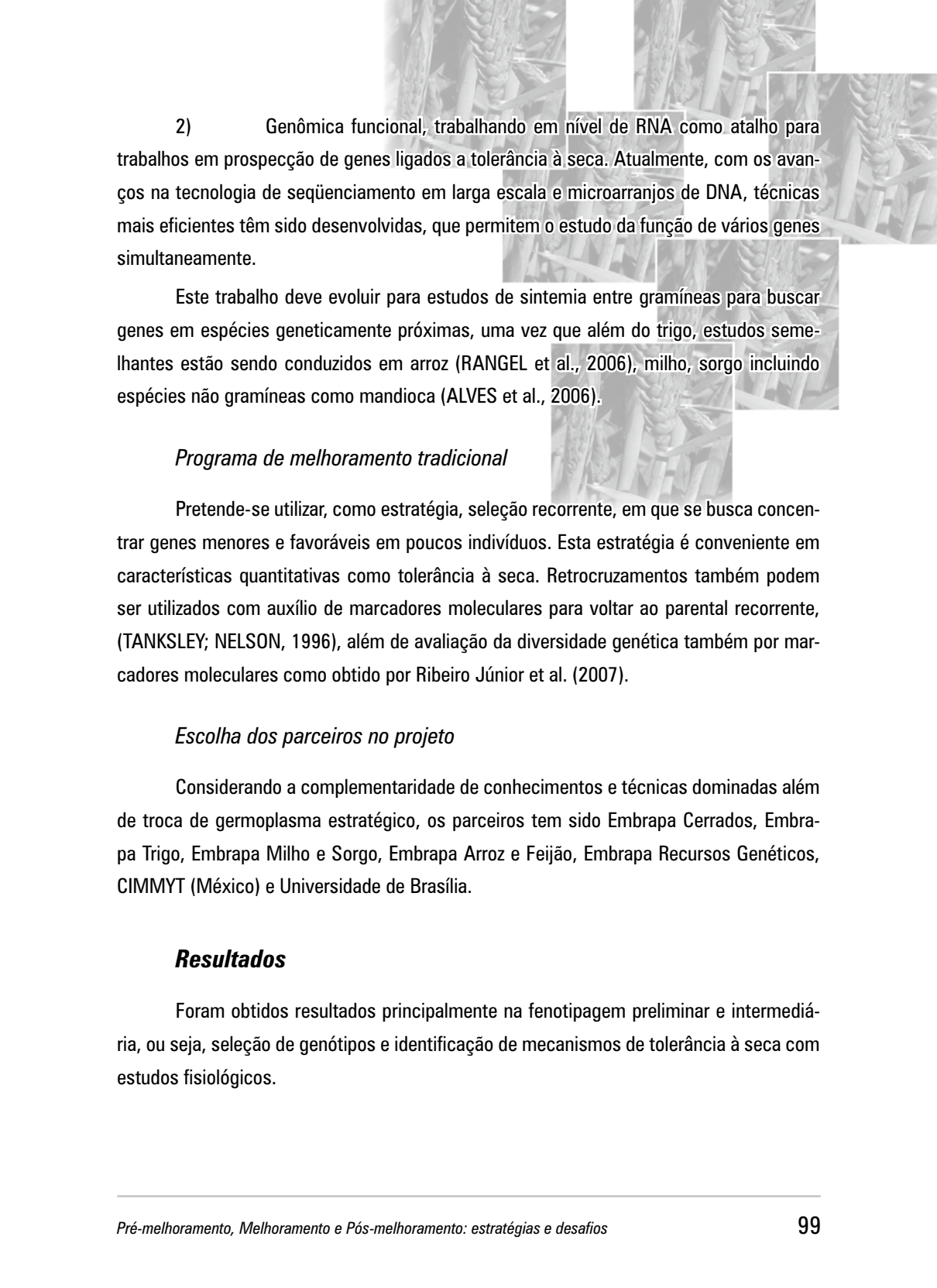
Identificação dos mecanismos de tolerância envolvidos com seca

Envolvem estudos morfofisiológicos comparativos entre os genótipos identificados na fenotipagem.

Estudos em genética molecular, buscando identificar e caracterizar genes ligados a tolerância à seca

Estes estudos envolvem duas estratégias:

- 1) Obtenção de marcadores moleculares para seleção assistida e mapeamento genético de ligação com seca.



2) Genômica funcional, trabalhando em nível de RNA como atalho para trabalhos em prospecção de genes ligados a tolerância à seca. Atualmente, com os avanços na tecnologia de seqüenciamento em larga escala e microarranjos de DNA, técnicas mais eficientes têm sido desenvolvidas, que permitem o estudo da função de vários genes simultaneamente.

Este trabalho deve evoluir para estudos de sintemia entre gramíneas para buscar genes em espécies geneticamente próximas, uma vez que além do trigo, estudos semelhantes estão sendo conduzidos em arroz (RANGEL et al., 2006), milho, sorgo incluindo espécies não gramíneas como mandioca (ALVES et al., 2006).

Programa de melhoramento tradicional

Pretende-se utilizar, como estratégia, seleção recorrente, em que se busca concentrar genes menores e favoráveis em poucos indivíduos. Esta estratégia é conveniente em características quantitativas como tolerância à seca. Retrocruzamentos também podem ser utilizados com auxílio de marcadores moleculares para voltar ao parental recorrente, (TANKSLEY; NELSON, 1996), além de avaliação da diversidade genética também por marcadores moleculares como obtido por Ribeiro Júnior et al. (2007).

Escolha dos parceiros no projeto

Considerando a complementaridade de conhecimentos e técnicas dominadas além de troca de germoplasma estratégico, os parceiros tem sido Embrapa Cerrados, Embrapa Trigo, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Recursos Genéticos, CIMMYT (México) e Universidade de Brasília.

Resultados

Foram obtidos resultados principalmente na fenotipagem preliminar e intermediária, ou seja, seleção de genótipos e identificação de mecanismos de tolerância à seca com estudos fisiológicos.

Fenotipagem preliminar

A fenotipagem preliminar é conduzida na safrinha, isto é, na época alvo do projeto. Nessa época de plantio, o estresse hídrico ocorre naturalmente (através da precipitação natural) estando fora de controle do experimento, o que é uma limitação. Entretanto, o status hídrico do solo pode ser monitorado com o auxílio de uma curva de retenção de água. Outra limitação, é que há um confundimento entre seca e calor, motivo pelo qual é chamada fenotipagem preliminar.

Foram testados 150 genótipos incluindo genótipos controle, com comportamento conhecido quanto à adaptação ao Cerrado (Tabela 1).

Tabela 1. Rendimento (kg/ha) em genótipos de trigo testados em condições de seca em três épocas de semeadura iniciando-se em 5 de fevereiro com escalonamento de 10 dias, em condições de safrinha. Planaltina, DF, 2005 (REBOUÇAS et al., 2007).

Genótipos	Época 1	Época 2	Época 3	Média
Excluídos	1400,38	939,217	941,454	1093,7
Média ²	1843,85	1406,24	1328,08	1526,1
BR18 ³	1545,71	2020	1958,42	1841,4
BRS208	1343,75	1858,69	2454,45	1885,6
BH1146	2584,24	1648,75	1571,61	1934,9
PF50003	2011,83	2381,19	1413,04	1935,4
PF500017	1471,25	3020,68	1409,86	1967,3
PF23056A	1843,07	2846,86	1998,3	2229,4
PF500014	2086,32	3325,49	1338,68	2250,2
PF500015	3937,69	2354,38	647,63	2313,2
PF50004	2271,95	2288,75	2386,56	2315,8
PF500018	3671,95	1518,75	1883,09	2357,9
E21 ³	2771,99	2491,25	2147,15	2470,1
Aliança ³	2470,36	2194,6	3024,11	2563
Aliança ³	2058,18	2500	3273,17	2610,5
Aliança ³	2710,42	2942,7	2366,56	2673,2

¹ Médias dos genótipos testados excluídos (Rendimento inferior a 1.526 Kg/ha).

² Média dos genótipos testados (150 genótipos)

³ Testemunhas



Fig. 1. Fenotipagem preliminar conduzida na safrinha, com 3 épocas de plantio.

Como não se controla a precipitação, já que é plantado na época chuvosa, semeou-se o experimento em 3 períodos de modo que o veranico ocorresse em fases fenológicas distintas (Tabela 1). Pode-se verificar uma queda de rendimento médio das épocas 2 e 3, porque aumentou o stress hídrico no enchimento de grãos. Nenhum material foi superior ao material controle (Aliança), que foi plantado como se fossem 3 tratamentos distintos. Isso significa que há a necessidade de buscar novos genótipos. Foram incluídos genótipos do Cimmyt, isto é, materiais desenvolvidos para regiões semi-áridas.

Fenotipagem intermediária

A fenotipagem intermediária, também conduzida em condições de campo, é mais precisa que a fenotipagem preliminar porque é conduzida no inverno que apesar de não ser a época alvo, apresenta temperatura do ar mais baixa isolando melhor o fator seca e adicionalmente como não ocorre precipitação natural, pode se aplicar irrigação em níveis e na fase fenológica escolhida.

Na fenotipagem intermediária utilizou-se uma metodologia denominada “Line source”, em que se utiliza nível decrescente de irrigação (Fig. 2), a partir de uma linha central. Esta metodologia permite identificar materiais tolerantes e sensíveis à seca (Fig. 3 e Fig. 4).

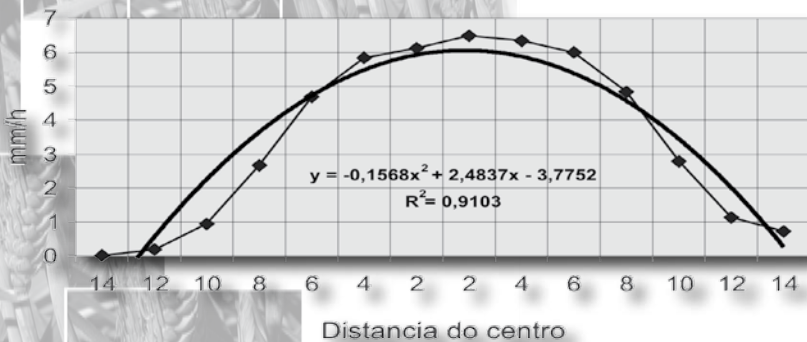


Fig 2. Lâmina de água (mm/h) aplicada a partir de uma linha central, em sistema de irrigação diferencial (line source).

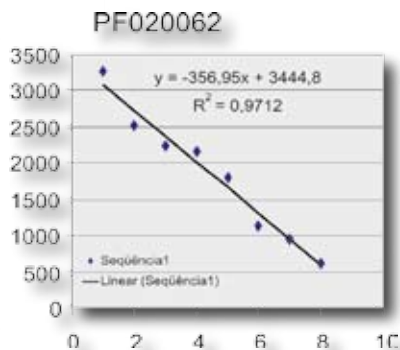


Fig. 3. Produtividade (kg ha) de genótipo sensível à seca identificado em sistema de irrigação em níveis decrescentes (line source), (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2007), com 10 m a partir do centro da área.

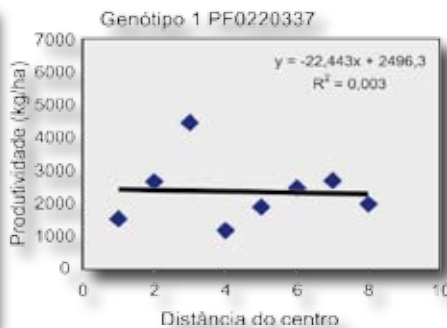


Fig. 4. Produtividade (kg ha) de genótipo tolerante à seca identificado em sistema de irrigação em níveis decrescentes (line source).

Fenotipagem avançada de trigo para tolerância à seca

A fenotipagem avançada é conduzida em casa de vegetação, isto é, em condições controladas com a finalidade de confirmar a tolerância à seca e identificar os mecanismos de tolerância. O solo foi introduzido em tubos de PVC (Fig 5.) de modo que os primeiros 20 cm tivesse solo corrigido e abaixo o solo apresentasse toxidez de Alumínio. O tratamento estressado recebeu reposição de apenas 50 % da água perdida por evapotranspiração (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2006).



Fig.5. Fenotipagem avançada em trigo para tolerância à seca, conduzida em casa de vegetação.

Identificação de mecanismos de tolerância à seca

Paralelamente à fenotipagem, estudos fisiológicos têm sido realizados com o objetivo de identificar mecanismos ligados a tolerância à seca (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2006), sendo que até o momento, identificou-se linhagens tolerantes à seca com cerosidade na folha (Fig. 6), que diminuiria a perda de água. Outros mecanismos deverão ser identificados, considerando o potencial hídrico medidos com a bomba de Schoullander. Por exemplo, o genótipo Aliança mostrou potencial para tolerância à seca, pois apresentou valor menos negativo em condições de stress hídrico (índice de tolerância) que o material sensível que é PF020062 (Tabela 2).



Fig. 6. Cerosidade observada em genótipo de trigo tolerante à seca.

Tabela 2. Potencial hídrico (MPA), observado em genótipo tolerante à seca (Aliança), comparado com genótipo sensível à seca (PF 020062).

Stress hídrico	Aliança	BH1146	PF020062	PF0200337
Sem	-0,23	-0,57	-0,55	-0,37
com	-0,95	-2,12	-2,52	-2,26

Perspectivas

Considerando os resultados descritos acima, pode se prever que a seleção tornar-se-á cada vez mais confiável à medida que as metodologias de fenotipagem e desenvolvimento de metodologia *in vitro* forem se aperfeiçoando.

O trabalho em genética molecular deve desenvolver marcadores ligados a tolerância à seca, que serão um atalho no processo de seleção, com o auxílio da seleção assistida.

Similarmente, o trabalho desenvolvido em genética funcional permitirá a identificação de QTL ligados a tolerância à seca, como vem sendo feito em arroz e parâmetros ligados à produtividade com o auxílio de microsátélites (BRONDANI et al., 2002).

Como a mesma pesquisa tem sido desenvolvida em outros cereais como arroz, milho e sorgo, trabalho de sintemia entre espécies auxiliará o descobrimento de novos genes para tolerância à seca e possível transferência entre espécies.

Considerações Finais

Considerando que se procedeu a uma comparação entre o que seria um projeto ideal, e o estudo de caso com o projeto sobre tolerância à seca em trigo e com a utilização do enfoque solicitado pelos Macroprogramas da Embrapa, com a participação da equipe de pesquisa multidisciplinar, pode-se concluir que:

O projeto utilizado no estudo de caso foi baseado em demanda, com considerações sistêmicas no que tange a impactos econômicos, sociais e ambientais e deve dar sustentabilidade ao sistema se alcançar os objetivos finais propostos.

Referências

ALVES, A. A. C.; MENDES, R. A.; FREGENE, M.; BELLOTTI, A. Experiências em pré-melhoramento de mandioca: utilização do potencial de espécies silvestres de mandioca como fonte de resistência a estresses bióticos e abióticos. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 143-146. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, R. P. V.; FERREIRA, M. E. QTL mapping and introgression of yield-related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 104, p. 1192-1203, 2002.

DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, A. C. de; COELHO, A. M.; ANDRADE, C. de L. T.; GAMA, E. E. G.; SANTOS, F. G. dos; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; SANTOS, M. X. dos; GOMIDE, R. L.; PINHEIRO, B. da S.; GUIMARÃES, C. M.; MORAIS, O. P. de; MELO, N. F. de; MORGADO, L. B.; CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, L. M. de; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; FREIRE FILHO, F. R.; TRINDADE, M. da G.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q. Supporting emergence of reference drought tolerance phenotyping centres. In: GENERATION CHALLENGE PROGRAMME COMPETITIVE AND COMMISSIONED RESEARCH PROJECT EXECUTIVE SUMMARIES, 2006, Mexico. **Cultivating plant diversity for the resource poor**: summaries. Mexico: Generation Challenge Programme, 2006a. p. 13.

DURÃES, F. O. M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; VIANA, J. H. M.; GOMIDE, R. L.; ANDRADE, C. de L. T.; GAMA, E. E. G.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, F. G. dos; MAGALHÃES, P. C.; MAGALHÃES, J. V.; GUIMARÃES, C. T.; CARNEIRO, N. P.; GUIMARÃES, C. M.; MORAIS, O. P. de; PINHEIRO, B. da S.; DEL PELOSO, M. J.; MELO, N. F. de; MORGADO, L. B.; BASTOS, E. A.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; TRINDADE, M. da G.; ALBUQUERQUE, A. C. S. Supporting emergence of reference drought tolerance phenotyping centres. In: GENERATION CHALLENGE PROGRAMME COMPETITIVE AND COMMISSIONED RESEARCH PROJECT MID-YEAR REPORTS, 2006, Mexico. **Cultivating plant diversity for the resource poor**: reports. Mexico: Generation Challenge Programme, 2006b. p. 115-126.

DUVICK, D. N. Genetic enhancement and plant breeding. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Ed.). **Advances in new crops**. Portland: Timber Press, 1990. p. 90-96.

NASS, L. L.; NISHIKAWA, M. A. N.; FÁVERO, A. P.; LOPES, M. A. Pré-melhoramento de germoplasma vegetal. In: NASS, L. L. (Ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 683-716.

NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 581-587, 2000.

RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, C.; FERREIRA, M. E.; RANGEL, P. N.; BRONDANI, R. P. V. Utilização de espécie silvestre *Oryza glumaepatula* no pré-melhoramento do arroz. In: LOPES, M. A.; FÁVERO,

A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 94-98. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 185).

REBOUÇAS, U. V.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; TRINDADE, M. da G.; AMABILE, R. F.; GUERRA, A. F.; CORDEIRO, A.; ROCHA, O. C.; SILVA, M. S. e; ALBRECHT, J. C. Fenotipagem de trigo para tolerância à seca em plantio de safrinha no Cerrado do Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **Melhoramento de plantas e agronegócio**: anais. São Lourenço: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007. 1 CD-ROM.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; COSTA, A. M.; CORDEIRO, M. C. R.; ALBRECHT, J. C.; CASTRO, R. L. de; BRAMMER, S. P.; SILVA, M. S. e. Variabilidade genética de acessos de trigo com base em marcadores moleculares RAPD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **Melhoramento de plantas e agronegócio**: anais. São Lourenço: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007. 1 CD-ROM.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; VASCONCELOS, U.; TRINDADE, M. da G.; FERREIRA, F. M.; SIQUEIRA, M. M. H.; SILVA, H. L. M. da; RODRIGUES, G. C.; GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; AMÁBILE, R. F.; ALBUQUERQUE, A. C.; SILVA, M. S. e; ALBRECHT, J. C.; DURÃES, F. O. M. **Fenotipagem para tolerância à seca visando o melhoramento genético do trigo no cerrado**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 24 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online, 21). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci21.htm>. Acesso em: 13 set. 2008.

TANKSLEY, S. D.; NELSON, J. C. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 92, p. 191-203, 1996.



**ESTADO DA ARTE E
ESTRATÉGIAS DO
MELHORAMENTO
PARTICIPATIVO: O EXEMPLO
DA MANDIOCA NO CERRADO**

Estado da Arte e Estratégias do Melhoramento Participativo: o exemplo da mandioca no Cerrado

Eduardo Alano Vieira
Josefino de Freitas Fialho
Márcia Santos Silva

Importância da Cultura da Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta da família das Euforbiáceas e é cultivada, principalmente, em função de suas raízes tuberosas ricas em amido. A espécie apresenta considerável tolerância à seca e se adapta às mais variadas condições de clima e solo. A parte mais utilizada da planta é a raiz tuberosa, rica em amido, e constitui-se numa das mais importantes fontes de calorias na dieta de vários países tropicais (COCK, 1985). Neste contexto, a mandioca é a quarta cultura mais importante no mundo, entre o grupo das culturas alimentícias básicas, que inclui o arroz, o trigo e o milho (FAO, 2000). A cultura tem destaque especialmente em países em desenvolvimento, principalmente em função de sua rusticidade e da capacidade de produzir razoavelmente bem em condições em que outras culturas não sobreviveriam. Tal capacidade advém do fato da espécie ser naturalmente tolerante a solos ácidos e à seca e de oferecer flexibilidade de colheita para os produtores (CEBALLOS et al., 2004). No Brasil, centro de origem e de diversidade da espécie (OLSEN, 2004; CARVALHO, 2005), a mandioca é cultivada em todas as regiões, ocupando papel de destaque na indústria, alimentação humana e animal (LORENZI; DIAS, 1993). As variedades de mandioca são classificadas como mansas ou bravas, dependendo do conteúdo de ácido cianídrico (HCN) em suas raízes. Esse ácido é uma substância tóxica resultante da hidrólise de um glicosídeo cianogênico, que, quando consumida em altos níveis, é capaz de causar intoxicações.

A mandioca mansa, também denominada mandioca de mesa, aipim ou macaxeira, se diferencia da mandioca denominada brava ou industrial por apresentar baixos teores de HCN nas raízes (abaixo de 100 mg kg⁻¹ de raízes frescas). Assim destinam-se ao consumo humano “in natura” ou às indústrias de transformação (principalmente farinha e

fécua), enquanto as mandiocas bravas, necessariamente, devem passar por algum processo para eliminação do excesso de ácido cianídrico, como ocorre nas indústrias de farinha e fécula.

Por que Selecionar as Variedades de Mandioca a Serem Plantadas?

Importância da cultura da mandioca

A região do Cerrado brasileiro, que ocupa 24 % do território nacional, apesar de ser um dos principais centros de difusão de mandioca e de apresentar características de clima e de solo que a colocam como uma das mais indicadas para a produção da cultura no País, apresenta uma produtividade de 11,30 t ha⁻¹, ou seja, produtividade 8 % inferior à média nacional – 12,30 t ha⁻¹ (SOUZA; FIALHO, 2003). Essas baixas produtividades ocorrem principalmente em função do uso de variedades com baixo potencial produtivo, susceptíveis a pragas e moléstias e não adaptadas às condições de solo a que são submetidas. No entanto, nos centros de pesquisa, existem variedades melhoradas adaptadas à região que alcançam facilmente produtividades médias de raízes de 45 t ha⁻¹ (VIEIRA et al., 2008).

Dessa forma, fica evidente que a maneira mais simples e econômica de elevar a produtividade da mandioca na região é a substituição das variedades utilizadas tradicionalmente por variedades selecionadas. Apesar dessa afirmativa e dos esforços da pesquisa, em todo o País, na seleção de novas variedades de mandioca com maior potencial produtivo, resistência a pragas, doenças e alumínio, grande parte das variedades geradas e selecionadas não foi adotada pelos produtores, e as variedades de mandioca mais utilizadas ainda são as mesmas que vêm sendo plantadas na maioria das regiões há muitos anos (FUKUDA; SAAD, 2001). Como causa dessa baixa adoção das variedades recomendadas, destaca-se o fato da seleção dessas terem sido efetuadas exclusivamente nas estações experimentais, unicamente pelos melhoristas, sem considerar os conhecimentos e demandas dos agricultores (HERNANDES ROMERO, 1992). Os processos de geração e difusão de variedades de mandioca são, em geral, unidirecionais, não existindo uma retroinformação entre os componentes envolvidos na geração, difusão e adoção da variedade, aspecto primordial, quando se objetiva a agricultura familiar (FUKUDA et al., 2006). Assim, o melhoramento participativo torna-se uma alternativa interessante para a difusão de variedades e de tecnologias modernas de cultivo de mandioca.

Aspectos Práticos da Implementação do Melhoramento Participativo com Variedades de Mandioca

O melhoramento participativo com variedades de mandioca é uma metodologia que preconiza a participação efetiva dos agricultores, extensionistas e pesquisadores na seleção de variedades de mandioca para determinada região. Essa metodologia propicia um intercâmbio de experiências entre produtores, pesquisadores e extensionistas e, assim, aumenta a probabilidade de utilização de novas variedades e viabiliza o treinamento dos produtores em novas técnicas de cultivo. A metodologia compreende as fases do diagnóstico, planejamento, implantação, avaliação e retroinformação (FUKUDA et al., 2000), fases que serão amplamente abordadas ao longo do presente texto.

O público-alvo dessa metodologia são os pequenos agricultores, especialmente aqueles situados em áreas marginais, que plantam culturas de subsistência, dispõem de pequenas áreas para o cultivo, usam pouca ou nenhuma tecnologia, têm difícil acesso a novas variedades adaptadas a seus sistemas de cultivo e, em certos casos, resistem à idéia de mudanças em seus sistemas de produção (FUKUDA et al., 2000).

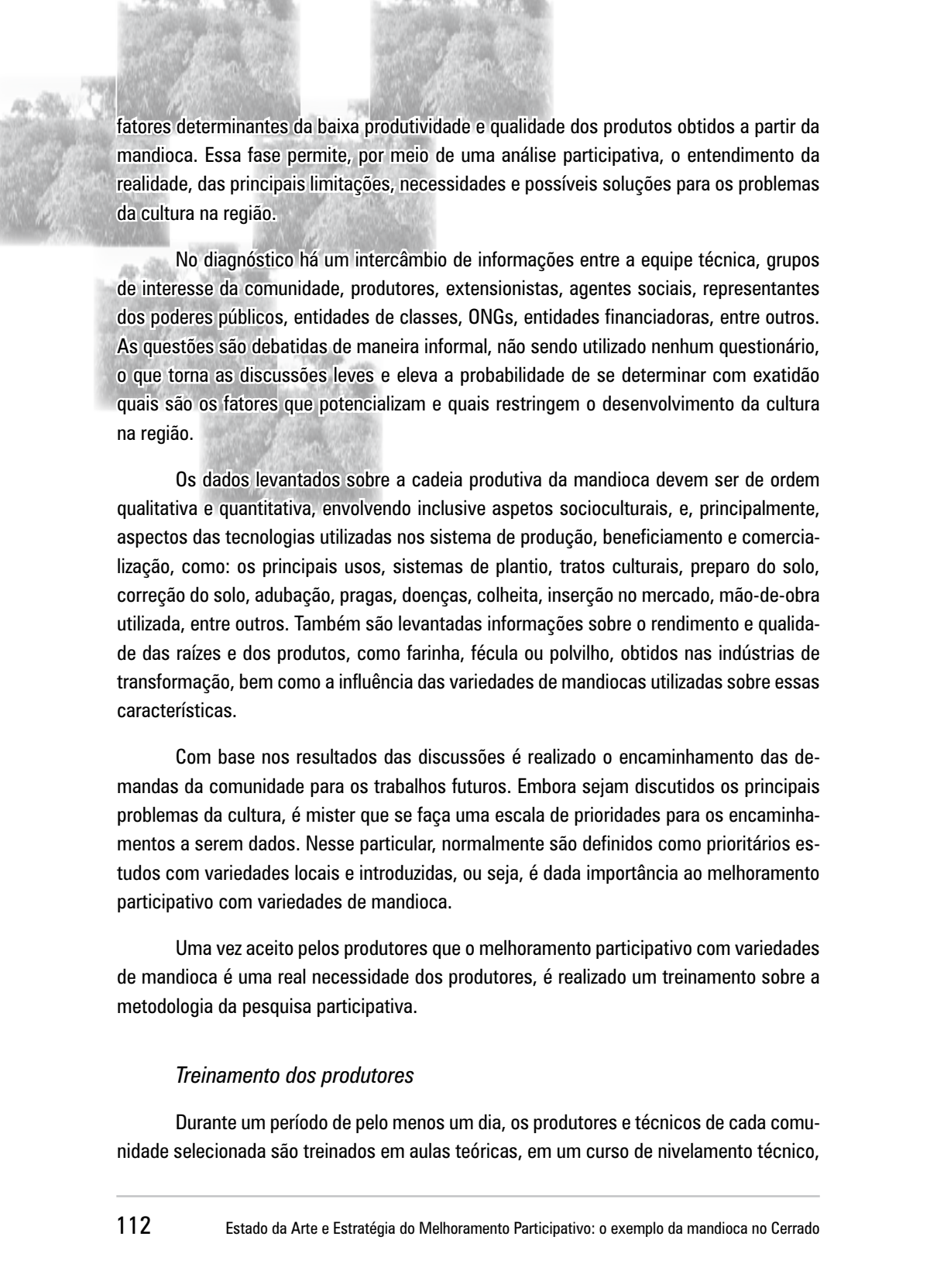
Fase de identificação da comunidade

O primeiro passo da metodologia envolve o contato entre a equipe técnica e as entidades públicas e privadas representativas da região (secretarias de agricultura, prefeituras, órgãos financiadores, sindicatos, ONGs, associações de produtores, cooperativas, entre outras), visando colher informações que possibilitem um reconhecimento do local e das comunidades. Durante esse contato inicial, são identificados os grupos de produtores da região que possuem a cultura da mandioca como um dos componentes de seus sistemas produtivos ou que tenham interesse em iniciar o cultivo e que, assim, poderão fazer parte do projeto.

Após a identificação dos possíveis grupos de interesse, é organizado um seminário que exponha, a esses grupos, os principais objetivos, as metas e fases do melhoramento participativo com a cultura da mandioca.

Fase do diagnóstico participativo

Nessa fase, é realizada, em cada comunidade pré-selecionada na fase anterior, uma reunião com o objetivo de conhecer os problemas da região e determinar quais os



fatores determinantes da baixa produtividade e qualidade dos produtos obtidos a partir da mandioca. Essa fase permite, por meio de uma análise participativa, o entendimento da realidade, das principais limitações, necessidades e possíveis soluções para os problemas da cultura na região.

No diagnóstico há um intercâmbio de informações entre a equipe técnica, grupos de interesse da comunidade, produtores, extensionistas, agentes sociais, representantes dos poderes públicos, entidades de classes, ONGs, entidades financiadoras, entre outros. As questões são debatidas de maneira informal, não sendo utilizado nenhum questionário, o que torna as discussões leves e eleva a probabilidade de se determinar com exatidão quais são os fatores que potencializam e quais restringem o desenvolvimento da cultura na região.

Os dados levantados sobre a cadeia produtiva da mandioca devem ser de ordem qualitativa e quantitativa, envolvendo inclusive aspectos socioculturais, e, principalmente, aspectos das tecnologias utilizadas nos sistemas de produção, beneficiamento e comercialização, como: os principais usos, sistemas de plantio, tratamentos culturais, preparo do solo, correção do solo, adubação, pragas, doenças, colheita, inserção no mercado, mão-de-obra utilizada, entre outros. Também são levantadas informações sobre o rendimento e qualidade das raízes e dos produtos, como farinha, fécula ou polvilho, obtidos nas indústrias de transformação, bem como a influência das variedades de mandiocas utilizadas sobre essas características.

Com base nos resultados das discussões é realizado o encaminhamento das demandas da comunidade para os trabalhos futuros. Embora sejam discutidos os principais problemas da cultura, é mister que se faça uma escala de prioridades para os encaminhamentos a serem dados. Nesse particular, normalmente são definidos como prioritários estudos com variedades locais e introduzidas, ou seja, é dada importância ao melhoramento participativo com variedades de mandioca.

Uma vez aceito pelos produtores que o melhoramento participativo com variedades de mandioca é uma real necessidade dos produtores, é realizado um treinamento sobre a metodologia da pesquisa participativa.

Treinamento dos produtores

Durante um período de pelo menos um dia, os produtores e técnicos de cada comunidade selecionada são treinados em aulas teóricas, em um curso de nivelamento técnico,

sobre a cultura da mandioca e a metodologia do melhoramento participativo, para que compreendam o processo como um todo.

Temas abordados no nivelamento técnico sobre a cultura da mandioca:

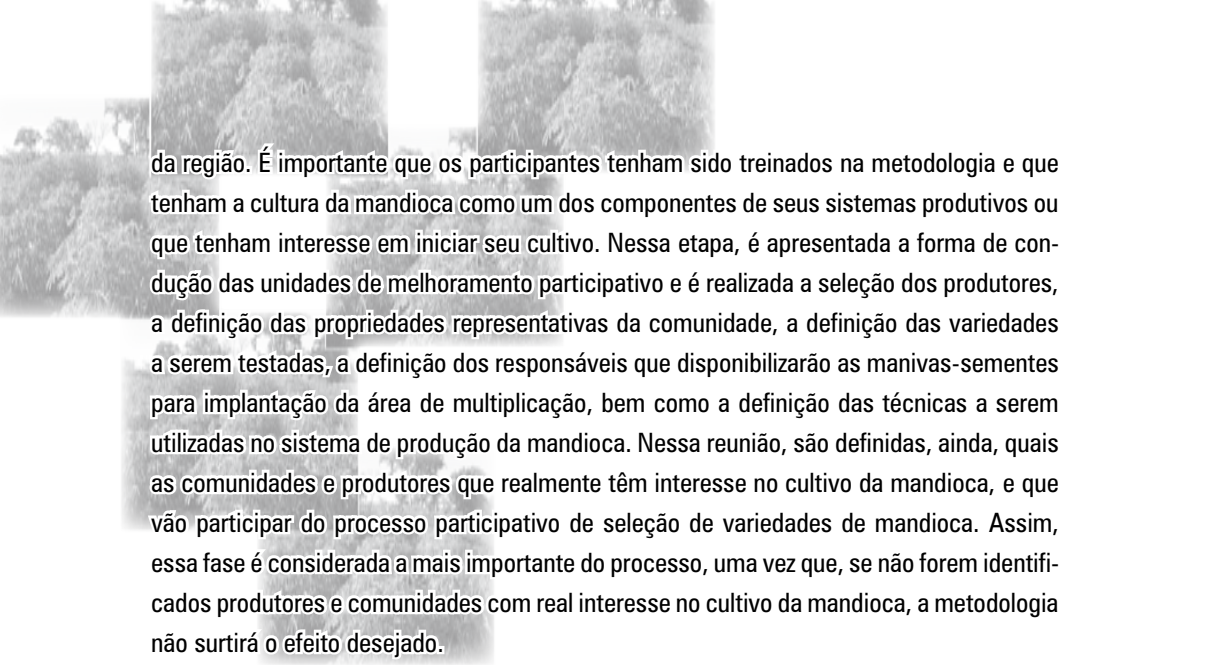
- Importância da mandioca no Brasil e no mundo.
- A toxicidade da mandioca.
- Recursos genéticos e melhoramento de mandioca.
- Escolha da área, preparo e conservação do solo.
- Calagem e adubação do solo.
- Seleção do material de plantio.
- Sistemas de plantio e tratos culturais.
- Manejo integrado das principais doenças.
- Manejo integrado das principais pragas.
- Raízes, subprodutos e parte aérea na alimentação animal.
- Aspectos econômicos e do agronegócio da mandioca.
- Industrialização da farinha, fécula ou polvilhos.
- Aproveitamento de produtos de mandioca.

Temas abordados no nivelamento técnico sobre a metodologia do melhoramento participativo:

- Melhoramento participativo com variedades de mandioca: definição, enfoque, justificativa, filosofia e estratégia.
- Fases do melhoramento participativo com variedades de mandioca: diagnóstico, planejamento, implantação, avaliação e retroinformação.

Fase de planejamento

Na fase de planejamento, é realizada uma reunião com os produtores das comunidades selecionadas e representantes de entidades públicas e privadas representativas

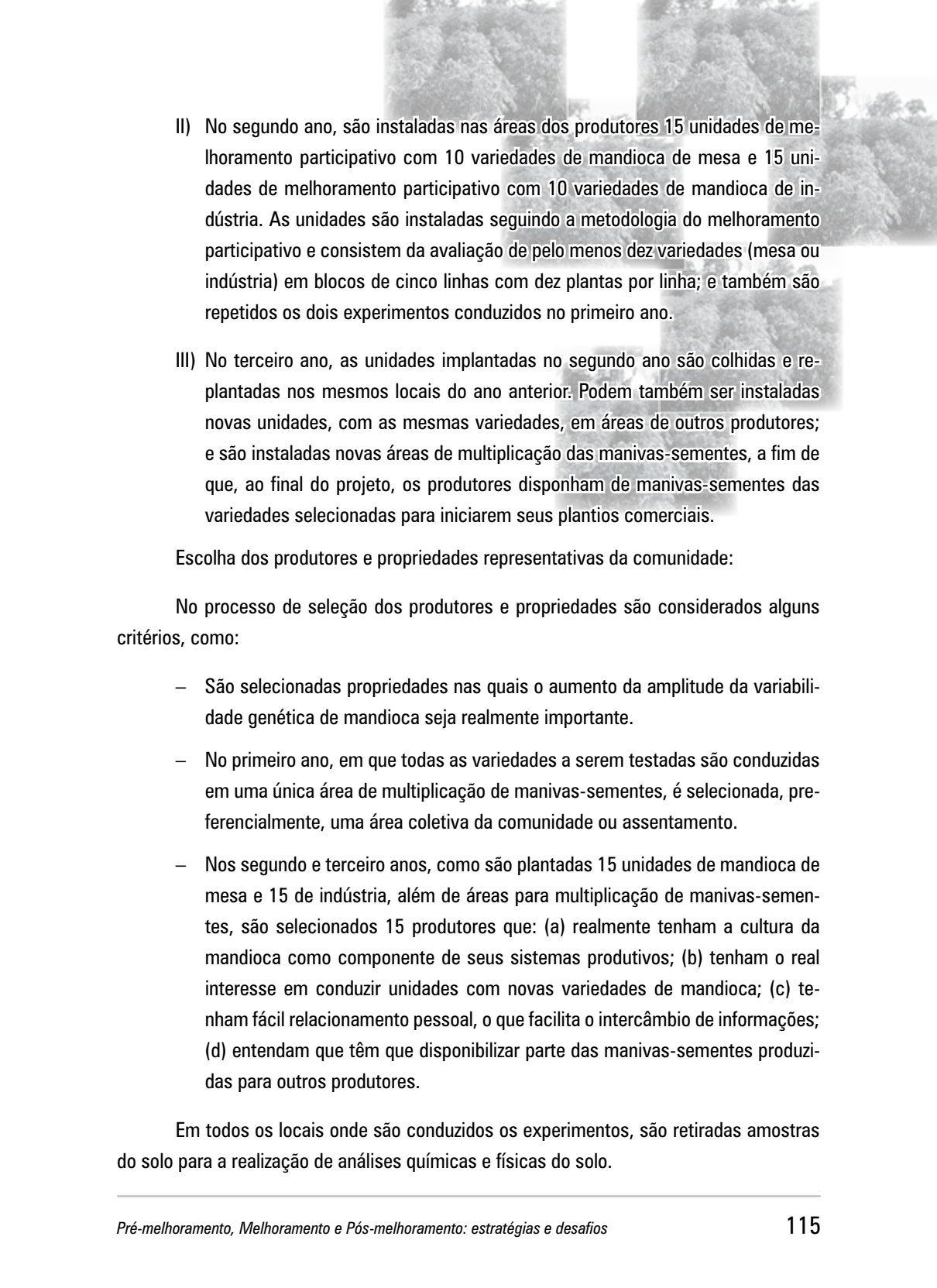


da região. É importante que os participantes tenham sido treinados na metodologia e que tenham a cultura da mandioca como um dos componentes de seus sistemas produtivos ou que tenham interesse em iniciar seu cultivo. Nessa etapa, é apresentada a forma de condução das unidades de melhoramento participativo e é realizada a seleção dos produtores, a definição das propriedades representativas da comunidade, a definição das variedades a serem testadas, a definição dos responsáveis que disponibilizarão as manivas-sementes para implantação da área de multiplicação, bem como a definição das técnicas a serem utilizadas no sistema de produção da mandioca. Nessa reunião, são definidas, ainda, quais as comunidades e produtores que realmente têm interesse no cultivo da mandioca, e que vão participar do processo participativo de seleção de variedades de mandioca. Assim, essa fase é considerada a mais importante do processo, uma vez que, se não forem identificados produtores e comunidades com real interesse no cultivo da mandioca, a metodologia não surtirá o efeito desejado.

Forma de condução das unidades de melhoramento participativo

Em função das condições de Cerrado, implementou-se na metodologia uma modificação, ou seja, no primeiro e no segundo ano, as variedades a serem testadas são plantadas em uma das áreas em blocos ao caso, em três repetições, com parcelas de 40 plantas, sendo quatro linhas com dez plantas cada, possibilitando assim uma abordagem estatística dos dados obtidos.

- I) No primeiro ano, é realizada a multiplicação, em uma só área, das manivas-sementes das variedades locais de mesa e indústria e das variedades introduzidas de mesa e indústria que irão fazer parte das unidades de melhoramento participativo. Essa etapa visa à obtenção de manivas-sementes suficientes para a instalação das unidades de melhoramento participativo e à uniformização das manivas-sementes das variedades a serem testadas. Nas áreas de multiplicação, são multiplicadas ao menos dez variedades de mesa e dez de indústria em blocos de multiplicação com dez linhas com dez plantas de cada variedade a ser avaliada (mesa e indústria) e dois experimentos, sendo um com variedades de mesa e outro com variedades de indústria em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, em que cada parcela é composta por quatro linhas com dez plantas de cada variedade.

- 
- II) No segundo ano, são instaladas nas áreas dos produtores 15 unidades de melhoramento participativo com 10 variedades de mandioca de mesa e 15 unidades de melhoramento participativo com 10 variedades de mandioca de indústria. As unidades são instaladas seguindo a metodologia do melhoramento participativo e consistem da avaliação de pelo menos dez variedades (mesa ou indústria) em blocos de cinco linhas com dez plantas por linha; e também são repetidos os dois experimentos conduzidos no primeiro ano.
- III) No terceiro ano, as unidades implantadas no segundo ano são colhidas e replantadas nos mesmos locais do ano anterior. Podem também ser instaladas novas unidades, com as mesmas variedades, em áreas de outros produtores; e são instaladas novas áreas de multiplicação das manivas-sementes, a fim de que, ao final do projeto, os produtores disponham de manivas-sementes das variedades selecionadas para iniciarem seus plantios comerciais.

Escolha dos produtores e propriedades representativas da comunidade:

No processo de seleção dos produtores e propriedades são considerados alguns critérios, como:

- São selecionadas propriedades nas quais o aumento da amplitude da variabilidade genética de mandioca seja realmente importante.
- No primeiro ano, em que todas as variedades a serem testadas são conduzidas em uma única área de multiplicação de manivas-sementes, é selecionada, preferencialmente, uma área coletiva da comunidade ou assentamento.
- Nos segundo e terceiro anos, como são plantadas 15 unidades de mandioca de mesa e 15 de indústria, além de áreas para multiplicação de manivas-sementes, são selecionados 15 produtores que: (a) realmente tenham a cultura da mandioca como componente de seus sistemas produtivos; (b) tenham o real interesse em conduzir unidades com novas variedades de mandioca; (c) tenham fácil relacionamento pessoal, o que facilita o intercâmbio de informações; (d) entendam que têm que disponibilizar parte das manivas-sementes produzidas para outros produtores.

Em todos os locais onde são conduzidos os experimentos, são retiradas amostras do solo para a realização de análises químicas e físicas do solo.

Escolha das variedades a serem testadas

A metodologia do melhoramento participativo tem como um de seus objetivos a introdução de novas variedades de mandioca nas áreas de cultivo dos agricultores, para que elas sejam comparadas com as variedades tradicionalmente utilizadas pelos produtores (variedades locais). A fundamentação da necessidade dessa comparação, nas propriedades dos produtores, baseia-se principalmente no fato de que, nas estações de pesquisa, não é possível repetir o ambiente de cultivo do produtor e determinar qual variedade será superior no ambiente do produtor.

Após a seleção das variedades a serem testadas são:

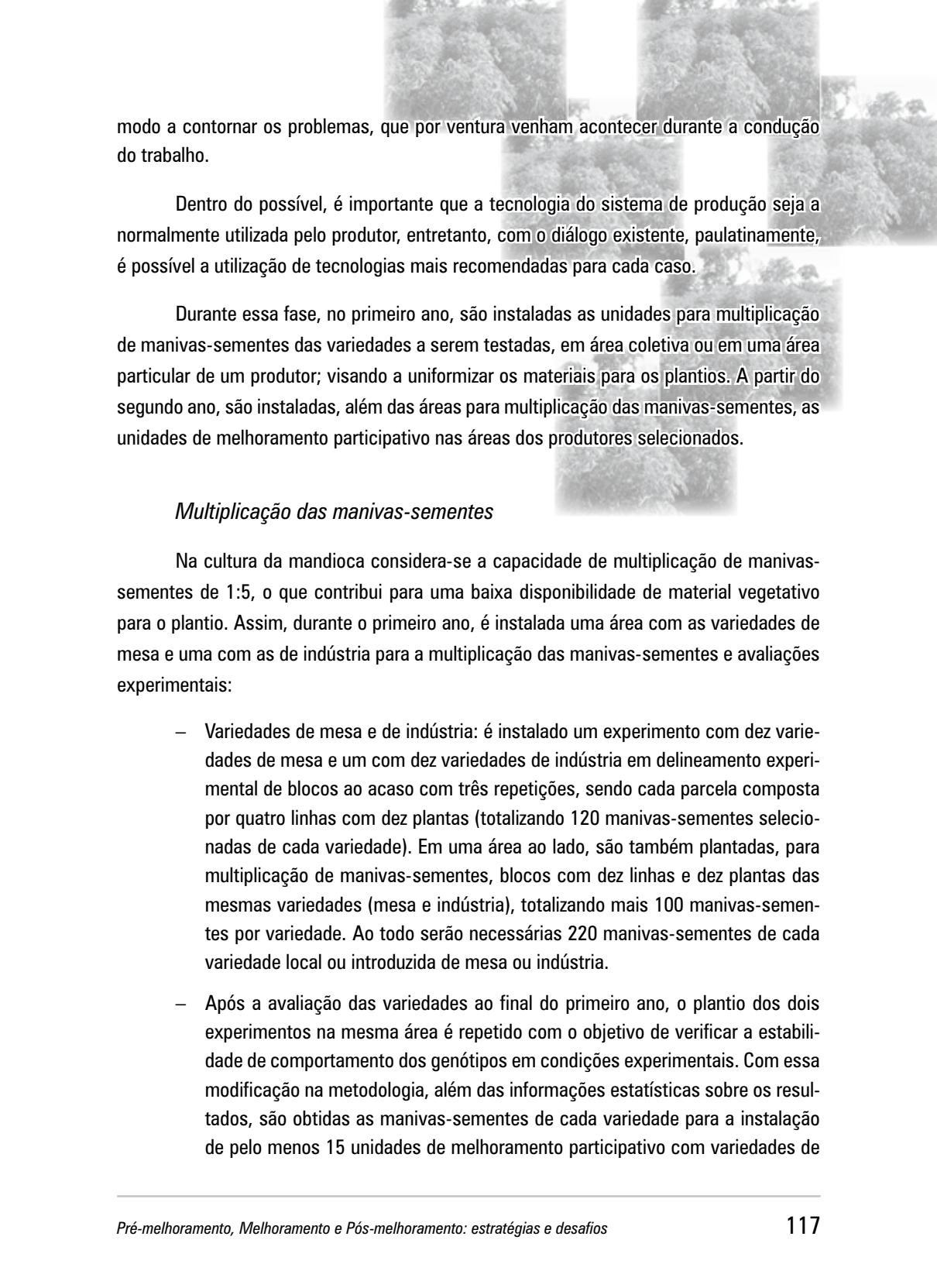
- Relacionadas nominalmente as principais variedades locais de mesa (quatro ou cinco) e de indústria (quatro ou cinco) que terão suas manivas-sementes multiplicadas.
- Relacionados os produtores que disponibilizarão as manivas-sementes dessas variedades, para a implantação das áreas de multiplicação.
- Relacionadas nominalmente as variedades de mesa e de indústria a serem introduzidas de bancos de germoplasma ou de programas de melhoramento genético.

Definição das técnicas utilizadas no sistema de produção

Normalmente, na condução das áreas de multiplicação e unidades de melhoramento participativo, recomenda-se a utilização da tecnologia de manejo tradicional do produtor, de modo que a variável seja a variedade. Entretanto, em função dos resultados das análises dos solos, pode ser realizada a calagem e adubação das áreas, em especial, quando a comunidade-alvo não apresenta histórico de produção de mandioca, como ocorre na maioria dos assentamentos da região do Cerrado do Brasil Central. Da mesma forma, são observados os principais cuidados, conforme discutido no curso de nivelamento realizado anteriormente, com a seleção e preparo das manivas-sementes, preparo e conservação do solo, manejo e tratos culturais, controle de pragas e doenças e a colheita.

Fase de implantação

Nesta fase, é imprescindível a participação efetiva dos produtores e técnicos, desde o plantio até a colheita. O diálogo constante permite o intercâmbio de informações de



modo a contornar os problemas, que por ventura venham acontecer durante a condução do trabalho.

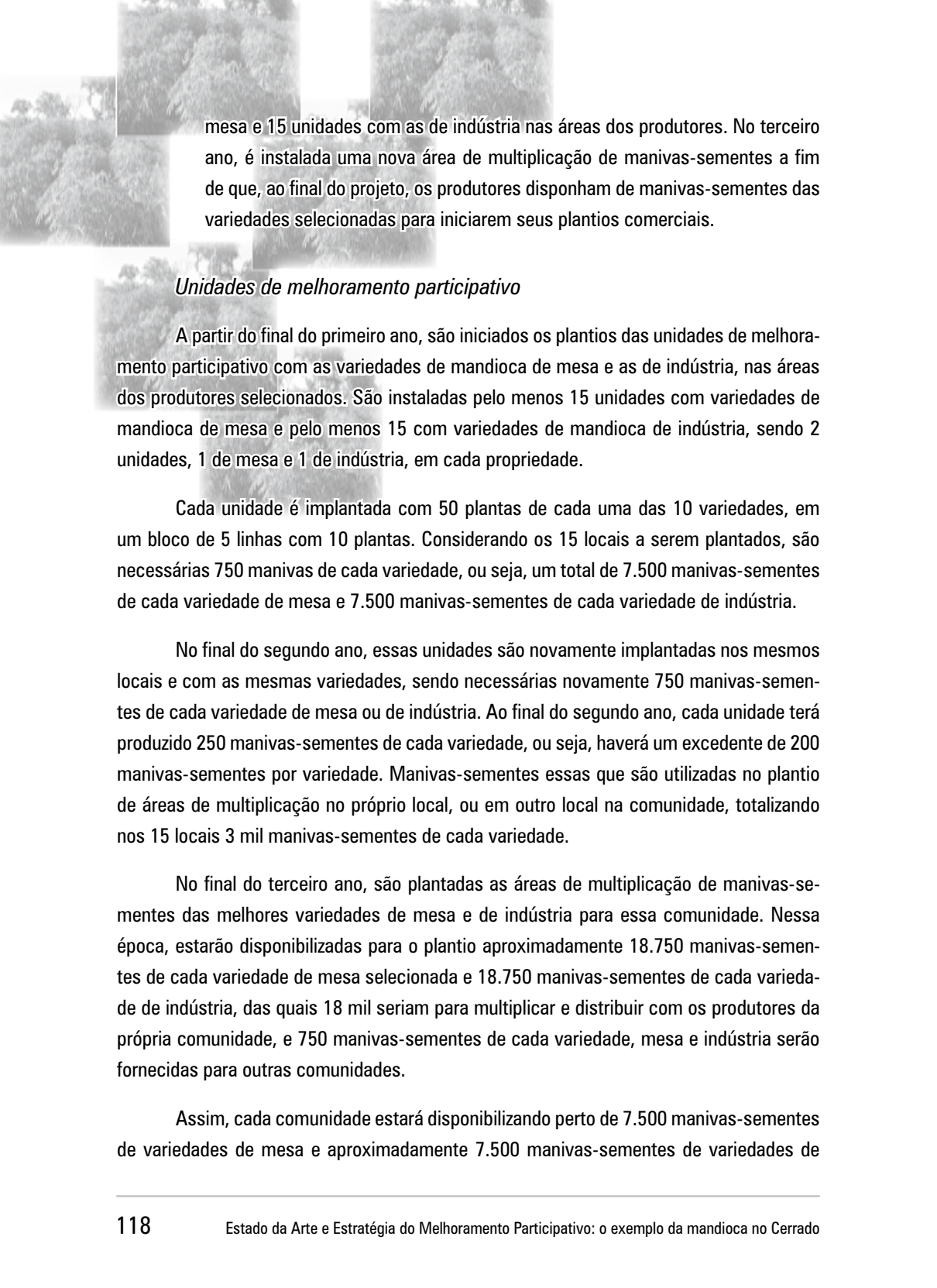
Dentro do possível, é importante que a tecnologia do sistema de produção seja a normalmente utilizada pelo produtor, entretanto, com o diálogo existente, paulatinamente, é possível a utilização de tecnologias mais recomendadas para cada caso.

Durante essa fase, no primeiro ano, são instaladas as unidades para multiplicação de manivas-sementes das variedades a serem testadas, em área coletiva ou em uma área particular de um produtor; visando a uniformizar os materiais para os plantios. A partir do segundo ano, são instaladas, além das áreas para multiplicação das manivas-sementes, as unidades de melhoramento participativo nas áreas dos produtores selecionados.

Multiplicação das manivas-sementes

Na cultura da mandioca considera-se a capacidade de multiplicação de manivas-sementes de 1:5, o que contribui para uma baixa disponibilidade de material vegetativo para o plantio. Assim, durante o primeiro ano, é instalada uma área com as variedades de mesa e uma com as de indústria para a multiplicação das manivas-sementes e avaliações experimentais:

- Variedades de mesa e de indústria: é instalado um experimento com dez variedades de mesa e um com dez variedades de indústria em delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições, sendo cada parcela composta por quatro linhas com dez plantas (totalizando 120 manivas-sementes selecionadas de cada variedade). Em uma área ao lado, são também plantadas, para multiplicação de manivas-sementes, blocos com dez linhas e dez plantas das mesmas variedades (mesa e indústria), totalizando mais 100 manivas-sementes por variedade. Ao todo serão necessárias 220 manivas-sementes de cada variedade local ou introduzida de mesa ou indústria.
- Após a avaliação das variedades ao final do primeiro ano, o plantio dos dois experimentos na mesma área é repetido com o objetivo de verificar a estabilidade de comportamento dos genótipos em condições experimentais. Com essa modificação na metodologia, além das informações estatísticas sobre os resultados, são obtidas as manivas-sementes de cada variedade para a instalação de pelo menos 15 unidades de melhoramento participativo com variedades de



mesa e 15 unidades com as de indústria nas áreas dos produtores. No terceiro ano, é instalada uma nova área de multiplicação de manivas-sementes a fim de que, ao final do projeto, os produtores disponham de manivas-sementes das variedades selecionadas para iniciarem seus plantios comerciais.

Unidades de melhoramento participativo

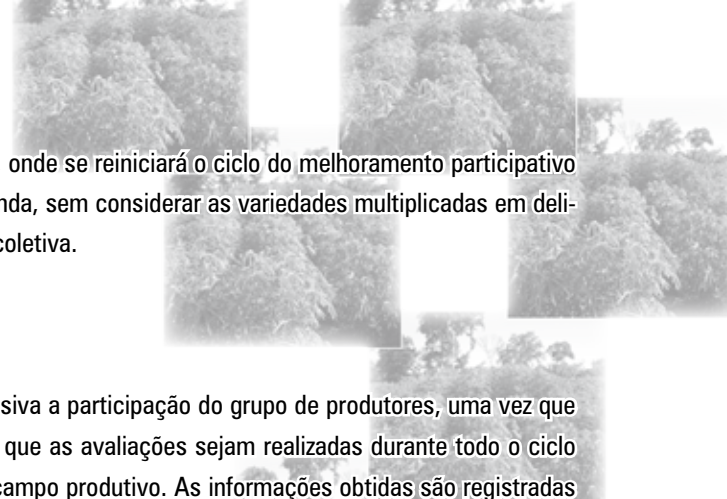
A partir do final do primeiro ano, são iniciados os plantios das unidades de melhoramento participativo com as variedades de mandioca de mesa e as de indústria, nas áreas dos produtores selecionados. São instaladas pelo menos 15 unidades com variedades de mandioca de mesa e pelo menos 15 com variedades de mandioca de indústria, sendo 2 unidades, 1 de mesa e 1 de indústria, em cada propriedade.

Cada unidade é implantada com 50 plantas de cada uma das 10 variedades, em um bloco de 5 linhas com 10 plantas. Considerando os 15 locais a serem plantados, são necessárias 750 manivas de cada variedade, ou seja, um total de 7.500 manivas-sementes de cada variedade de mesa e 7.500 manivas-sementes de cada variedade de indústria.

No final do segundo ano, essas unidades são novamente implantadas nos mesmos locais e com as mesmas variedades, sendo necessárias novamente 750 manivas-sementes de cada variedade de mesa ou de indústria. Ao final do segundo ano, cada unidade terá produzido 250 manivas-sementes de cada variedade, ou seja, haverá um excedente de 200 manivas-sementes por variedade. Manivas-sementes essas que são utilizadas no plantio de áreas de multiplicação no próprio local, ou em outro local na comunidade, totalizando nos 15 locais 3 mil manivas-sementes de cada variedade.

No final do terceiro ano, são plantadas as áreas de multiplicação de manivas-sementes das melhores variedades de mesa e de indústria para essa comunidade. Nessa época, estarão disponibilizadas para o plantio aproximadamente 18.750 manivas-sementes de cada variedade de mesa selecionada e 18.750 manivas-sementes de cada variedade de indústria, das quais 18 mil seriam para multiplicar e distribuir com os produtores da própria comunidade, e 750 manivas-sementes de cada variedade, mesa e indústria serão fornecidas para outras comunidades.

Assim, cada comunidade estará disponibilizando perto de 7.500 manivas-sementes de variedades de mesa e aproximadamente 7.500 manivas-sementes de variedades de



indústria para outra comunidade, onde se reiniciará o ciclo do melhoramento participativo com variedades de mandioca, ainda, sem considerar as variedades multiplicadas em delineamento experimental na área coletiva.

Fase de Avaliação

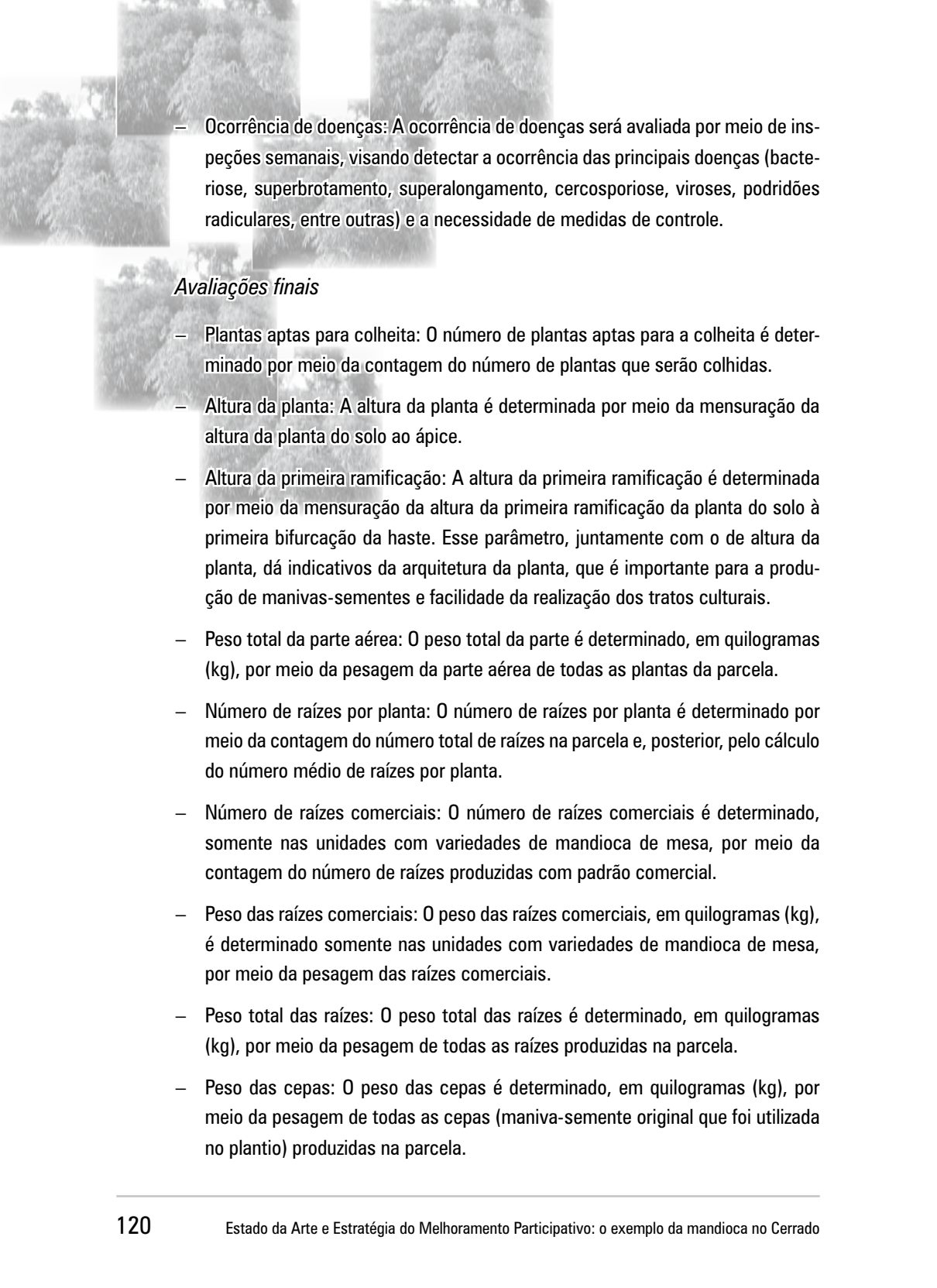
Durante essa fase, é decisiva a participação do grupo de produtores, uma vez que ele é o ponto focal do projeto, e que as avaliações sejam realizadas durante todo o ciclo da cultura, visando monitorar o campo produtivo. As informações obtidas são registradas em caderno de campo e são classificadas em quantitativas (objetivas) e qualitativas (subjetivas). O caderno de campo permite o registro e a análise das informações obtidas e a sistematização dos descritores necessários para a fase de retroalimentação (produtores x pesquisadores x extensionistas). Os dados obtidos a campo são analisados por meio da metodologia desenvolvida por Hernandez Romero (2000) e transmitidos aos produtores na fase de retroalimentação.

Avaliações quantitativas

São aquelas que expressam as medidas objetivas de parâmetros indicadores dos efeitos dos fatores de produção sobre as variedades que estão sendo testadas. As avaliações são realizadas durante todo o ciclo da cultura (avaliações intermediárias) e no momento da colheita (avaliações finais).

Avaliações intermediárias

- Brotação: A brotação é avaliada dos 40 aos 60 dias após o plantio, por meio da contagem do número de plantas que emergirem por parcela, uma vez que as variedades diferem quanto à velocidade e capacidade de brotação das variedades-sementes.
- Ocorrência de pragas: A ocorrência de pragas é avaliada por meio de inspeções semanais, visando detectar a ocorrência das principais pragas (formigas, cupins, corós, mandarová, percevejo-de-renda, cochonilhas, entre outras) e a necessidade de medidas-controle.

- 
- Ocorrência de doenças: A ocorrência de doenças será avaliada por meio de inspeções semanais, visando detectar a ocorrência das principais doenças (bacteriose, superbrotamento, superalongamento, cercosporiose, viroses, podridões radiculares, entre outras) e a necessidade de medidas de controle.

Avaliações finais

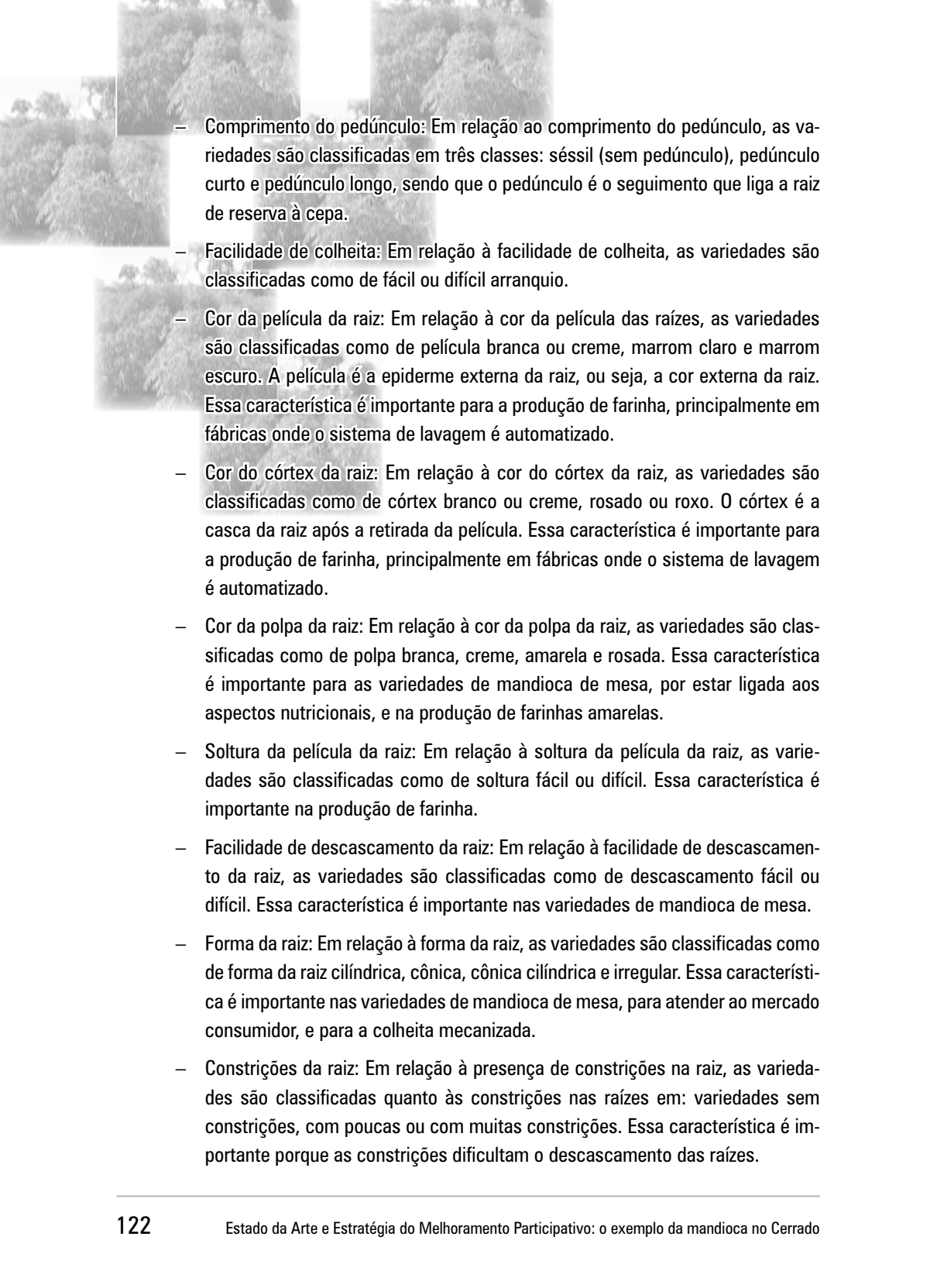
- Plantas aptas para colheita: O número de plantas aptas para a colheita é determinado por meio da contagem do número de plantas que serão colhidas.
- Altura da planta: A altura da planta é determinada por meio da mensuração da altura da planta do solo ao ápice.
- Altura da primeira ramificação: A altura da primeira ramificação é determinada por meio da mensuração da altura da primeira ramificação da planta do solo à primeira bifurcação da haste. Esse parâmetro, juntamente com o de altura da planta, dá indicativos da arquitetura da planta, que é importante para a produção de manivas-sementes e facilidade da realização dos tratos culturais.
- Peso total da parte aérea: O peso total da parte é determinado, em quilogramas (kg), por meio da pesagem da parte aérea de todas as plantas da parcela.
- Número de raízes por planta: O número de raízes por planta é determinado por meio da contagem do número total de raízes na parcela e, posterior, pelo cálculo do número médio de raízes por planta.
- Número de raízes comerciais: O número de raízes comerciais é determinado, somente nas unidades com variedades de mandioca de mesa, por meio da contagem do número de raízes produzidas com padrão comercial.
- Peso das raízes comerciais: O peso das raízes comerciais, em quilogramas (kg), é determinado somente nas unidades com variedades de mandioca de mesa, por meio da pesagem das raízes comerciais.
- Peso total das raízes: O peso total das raízes é determinado, em quilogramas (kg), por meio da pesagem de todas as raízes produzidas na parcela.
- Peso das cepas: O peso das cepas é determinado, em quilogramas (kg), por meio da pesagem de todas as cepas (maniva-semente original que foi utilizada no plantio) produzidas na parcela.

- Teor de amido nas raízes: O teor de amido nas raízes é determinado por meio de balança hidrostática. Para isso, serão tomadas, a campo, amostras de aproximadamente três quilos de raízes de cada parcela.
- Teor de HCN nas raízes: O teor de HCN nas raízes é determinado por meio da metodologia qualitativa ou colorimétrica, utilizando uma amostra de cinco raízes produzidas por parcela (pode-se utilizar a mesma amostra utilizada para o teor de amido).
- Tempo de cozimento das raízes: O tempo de cozimento das raízes é determinado somente nas parcelas com variedades de mandioca de mesa, por meio do tempo em minutos para a cocção de uma amostra de quatro raízes produzidas na parcela (pode-se utilizar a mesma amostra utilizada para o teor de amido).

Avaliações qualitativas

São as avaliações classificadas como subjetivas, que expressam a qualidade dos materiais que estão sendo testados. São realizadas na época da colheita.

- Ordem de preferência: A ordem de preferência das variedades é determinada por meio da manifestação espontânea e objetiva das opiniões dos produtores a respeito de cada variedade, fazendo comentários sobre as principais características das plantas. Com base nesses comentários, é feita uma classificação das variedades utilizando-se uma escala de um a dez, de acordo com a ordem de preferência.
- Tombamento: O nível de tombamento das plantas é determinado por meio da classificação das variedades em relação à capacidade de tombar ou não.
- Distribuição de raízes: A distribuição das raízes é determinada por meio da classificação das variedades em relação à disposição das raízes em relação à cepa. As classes utilizadas são: bem distribuídas (maioria das raízes estão voltadas para a parte terminal da cepa, em forma de mão) ou mal distribuídas (as raízes estão voltadas para todos os lados). Essa característica é importante na fase de colheita ou arranquio.

- 
- Comprimento do pedúnculo: Em relação ao comprimento do pedúnculo, as variedades são classificadas em três classes: sésstil (sem pedúnculo), pedúnculo curto e pedúnculo longo, sendo que o pedúnculo é o seguimento que liga a raiz de reserva à cepa.
 - Facilidade de colheita: Em relação à facilidade de colheita, as variedades são classificadas como de fácil ou difícil arranquio.
 - Cor da película da raiz: Em relação à cor da película das raízes, as variedades são classificadas como de película branca ou creme, marrom claro e marrom escuro. A película é a epiderme externa da raiz, ou seja, a cor externa da raiz. Essa característica é importante para a produção de farinha, principalmente em fábricas onde o sistema de lavagem é automatizado.
 - Cor do córtex da raiz: Em relação à cor do córtex da raiz, as variedades são classificadas como de córtex branco ou creme, rosado ou roxo. O córtex é a casca da raiz após a retirada da película. Essa característica é importante para a produção de farinha, principalmente em fábricas onde o sistema de lavagem é automatizado.
 - Cor da polpa da raiz: Em relação à cor da polpa da raiz, as variedades são classificadas como de polpa branca, creme, amarela e rosada. Essa característica é importante para as variedades de mandioca de mesa, por estar ligada aos aspectos nutricionais, e na produção de farinhas amarelas.
 - Soltura da película da raiz: Em relação à soltura da película da raiz, as variedades são classificadas como de soltura fácil ou difícil. Essa característica é importante na produção de farinha.
 - Facilidade de descascamento da raiz: Em relação à facilidade de descascamento da raiz, as variedades são classificadas como de descascamento fácil ou difícil. Essa característica é importante nas variedades de mandioca de mesa.
 - Forma da raiz: Em relação à forma da raiz, as variedades são classificadas como de forma da raiz cilíndrica, cônica, cônica cilíndrica e irregular. Essa característica é importante nas variedades de mandioca de mesa, para atender ao mercado consumidor, e para a colheita mecanizada.
 - Condições da raiz: Em relação à presença de condições na raiz, as variedades são classificadas quanto às condições nas raízes em: variedades sem condições, com poucas ou com muitas condições. Essa característica é importante porque as condições dificultam o descascamento das raízes.



Análise dos resultados

Os dados são analisados pela metodologia estabelecida por Hernandez Romero (2000), por meio da qual são delineadas matrizes com a ordem e a frequência de preferência das variedades e calculadas as probabilidades absolutas e acumuladas de aceitação para cada variedade.

Fase de Retroinformação

Durante as avaliações e o diálogo constante estabelecido com os produtores em todas as fases dos trabalhos, são obtidas informações a respeito do sistema de cultivo e das formas de utilização da mandioca por parte dos produtores. Também são identificados os critérios utilizados pelos produtores na adoção das variedades, que retroalimentarão o trabalho de melhoramento genético de mandioca nas unidades de pesquisas e os sistemas de produção de mandioca utilizados pelos produtores.

Nessa fase, após as análises dos dados, é realizado um encontro final com os produtores das comunidades para o repasse e discussão de todos os resultados obtidos e um dia de campo para o lançamento ou indicação das variedades selecionadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa, à Fundação Banco do Brasil, ao CNPq e ao Programa Biodiversidade Brasil x Itália pelos auxílios financeiros recebidos.

Referências

CARVALHO, L. J. C. B. Biodiversidade e biotecnologia em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., 2005, Campo Grande. **Ciência e tecnologia para a raiz do Brasil**: anais. Campo Grande: Governo do Estado; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 1 CD-ROM.

CEBALLOS, H.; IGLESIAS, C. A.; PÉREZ, J. C.; DIXON, A. G. O. Cassava breeding: opportunities and challenges. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 56, p. 503-516, 2004.

COCK, J. **Cassava**: new potential for a neglected crop. Boulder: Westview Press, 1985. 240 p.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2000. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 13 jul. 2008.

FUKUDA, W. M. G.; FUKUDA, C.; CALDAS, R. C.; CAVALCANTI, J.; TAVARES, J. A.; MAGALHÃES, J. A.; NUNES, L. C. **Avaliação e seleção de variedades de mandioca com a participação de agricultores do semi-árido do nordeste brasileiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 42 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa, 18).

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C.; FUKUDA, C.; CALDAS, R. C. Melhoramento participativo. In: SOUSA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p. 751-780.

FUKUDA, W. M. G.; SAAD, N. **Pesquisa participativa em melhoramento de mandioca com agricultores do nordeste do Brasil**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. 48 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 100).

HERNANDEZ ROMERO, L. A. **Logistic preference ranking analysis for evaluation technology options**: a user manual na application for Microsoft Excel 7.0. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2000. 26 p.

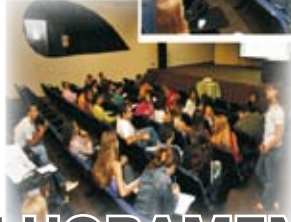
HERNANDEZ ROMERO, L. A. Participación de los produtores em la evaluación de variedades de yuca. In: HERNANDEZ ROMERO, L. A. (Ed.). **Memórias de un taller em al CIAT**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1992. p. 40-48.

LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. C. **Cultura da mandioca**. Campinas: CATI, 1993. 41 p.

OLSEN, K. M. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 56, p. 517-526, 2004.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. **Sistema de produção de mandioca para a região do cerrado**. Cruz da Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. 61 p.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; DUARTE, F. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; SILVA, M. S.; PAULA MORAES, S. V.; SANTOS FILHO, M. O. S. Efeito da poda sobre caracteres agronômicos em mandioca. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**: anais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.



O MELHORAMENTO GENÉTICO NA GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO



O Melhoramento Genético na Graduação e Pós-graduação

*José Ricardo Peixoto
Renato Fernando Amabile*

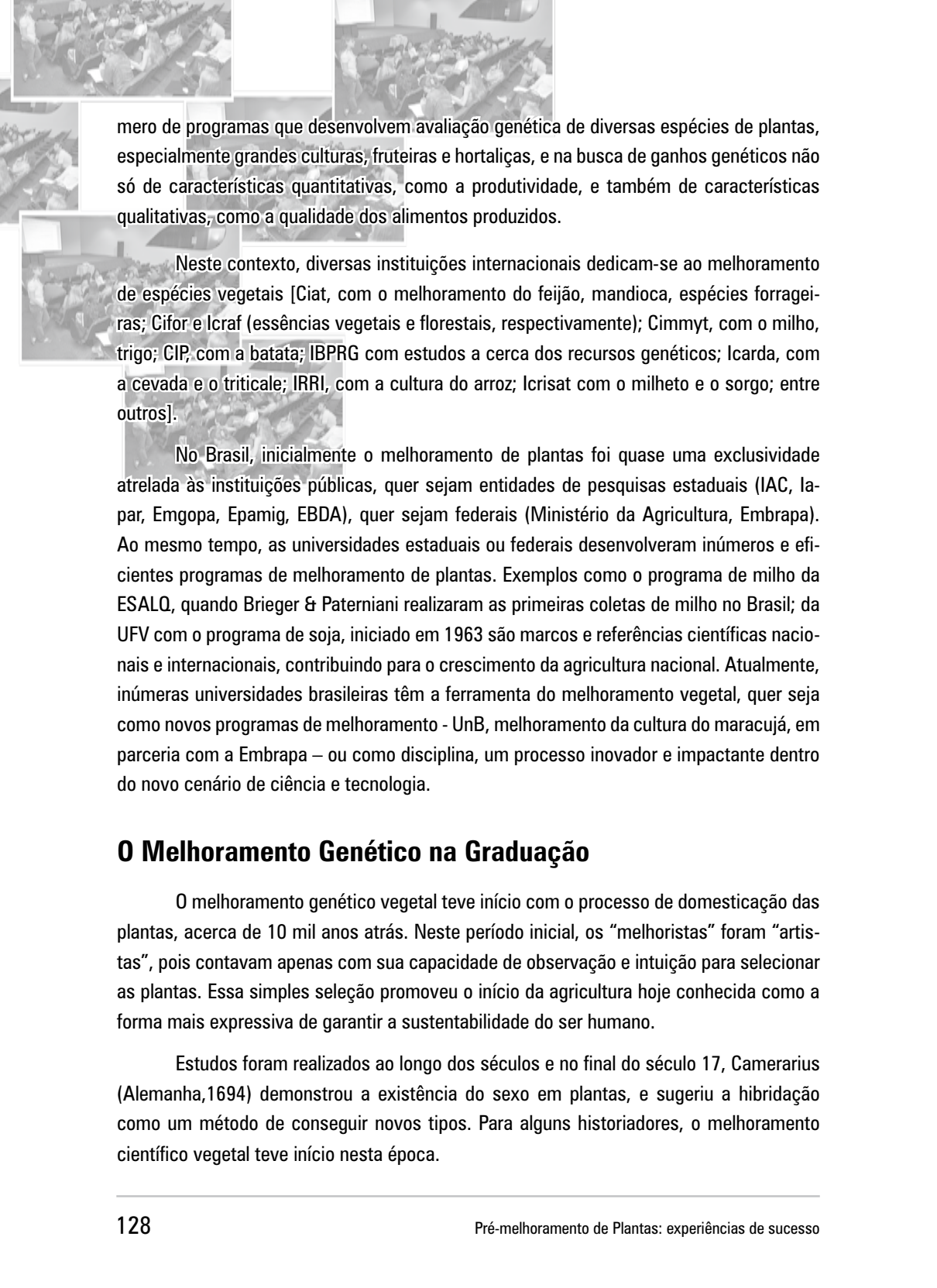
Introdução

O avanço do conhecimento e do desenvolvimento científico e tecnológico tem ocorrido de maneira bastante rápida. Nas últimas décadas os avanços foram significativos no conhecimento e, principalmente, em sua transformação em tecnologias, produtos e processos a serviço do bem-estar de toda a sociedade. É importante lembrar que este desenvolvimento está alicerçado em bases teóricas estabelecidas há muitos anos. Contudo, várias mudanças científicas e tecnológicas, pelas quais passou a humanidade, não foram capazes de modificar certos hábitos e costumes que remontam a ancestrais na história do homem.

Ao lado disso, vê-se, ainda, a plasticidade do homem em, usando ou não de tecnologias, ser capaz de, quase sempre, utilizar o bom senso e a visão estética, na busca da beleza e, principalmente, da harmonia das formas e funções e, com isso, emprestar ao desenvolvimento científico, a sensibilidade que só se encontra na arte. A atitude arraigada do homem a ensinamentos ancestrais que fluem de geração a geração pode ser observada na atividade agropecuária, na qual se verificam ruminantes sendo criados como se faziam na Antigüidade, ou mesmo na cultura de arroz na China que ainda é desenvolvida nos moldes praticados há mais de mil anos Euclides Filho (1999).

Apesar de todas as evoluções e avanços ocorridos nas áreas de genética molecular, transgenia, genômica e proteômica, além da melhoria da capacidade computacional e do desenvolvimento de modelos estatísticos que, sem dúvida, se constituem em instrumentos de desenvolvimento da área de melhoramento genético vegetal, suas contribuições só serão efetivas se estes aspectos acima citados forem considerados.

É importante ressaltar que, nos últimos anos, o melhoramento genético vegetal vem assumindo importância fundamental para a produção de alimentos num planeta tão populoso e com alta taxa de indivíduos desnutridos. Isso tem resultado no aumento do nú-



mero de programas que desenvolvem avaliação genética de diversas espécies de plantas, especialmente grandes culturas, fruteiras e hortaliças, e na busca de ganhos genéticos não só de características quantitativas, como a produtividade, e também de características qualitativas, como a qualidade dos alimentos produzidos.

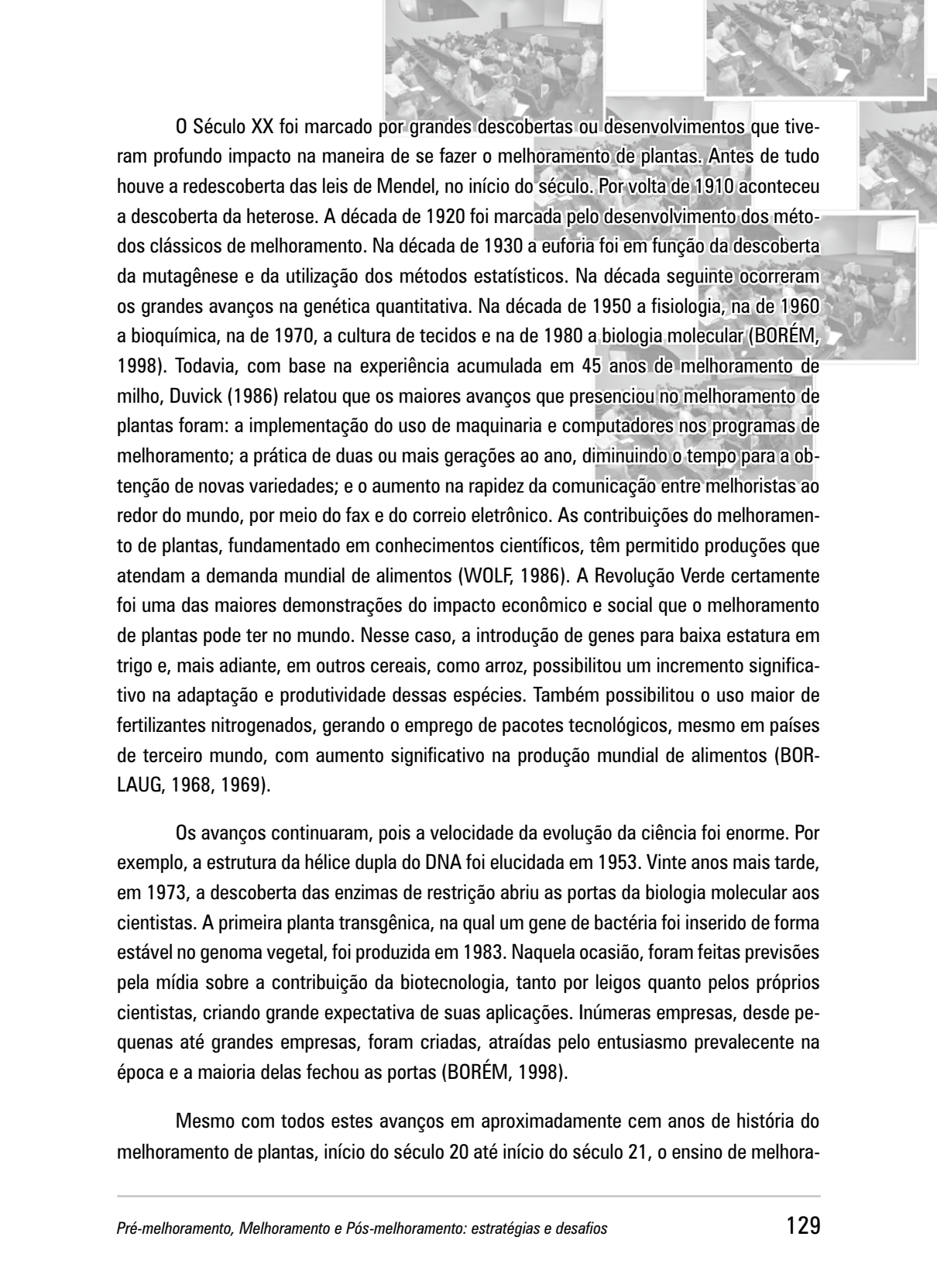
Neste contexto, diversas instituições internacionais dedicam-se ao melhoramento de espécies vegetais [Ciat, com o melhoramento do feijão, mandioca, espécies forrageiras; Cifor e Icrat (essências vegetais e florestais, respectivamente); Cimmyt, com o milho, trigo; CIP, com a batata; IBPRG com estudos a cerca dos recursos genéticos; Icarda, com a cevada e o triticale; IRRI, com a cultura do arroz; Icrisat com o milheto e o sorgo; entre outros].

No Brasil, inicialmente o melhoramento de plantas foi quase uma exclusividade atrelada às instituições públicas, quer sejam entidades de pesquisas estaduais (IAC, Iapar, Emgopa, Epamig, EBDA), quer sejam federais (Ministério da Agricultura, Embrapa). Ao mesmo tempo, as universidades estaduais ou federais desenvolveram inúmeros e eficientes programas de melhoramento de plantas. Exemplos como o programa de milho da ESALQ, quando Brieger & Paterniani realizaram as primeiras coletas de milho no Brasil; da UFV com o programa de soja, iniciado em 1963 são marcos e referências científicas nacionais e internacionais, contribuindo para o crescimento da agricultura nacional. Atualmente, inúmeras universidades brasileiras têm a ferramenta do melhoramento vegetal, quer seja como novos programas de melhoramento - UnB, melhoramento da cultura do maracujá, em parceria com a Embrapa – ou como disciplina, um processo inovador e impactante dentro do novo cenário de ciência e tecnologia.

O Melhoramento Genético na Graduação

O melhoramento genético vegetal teve início com o processo de domesticação das plantas, acerca de 10 mil anos atrás. Neste período inicial, os “melhoristas” foram “artistas”, pois contavam apenas com sua capacidade de observação e intuição para selecionar as plantas. Essa simples seleção promoveu o início da agricultura hoje conhecida como a forma mais expressiva de garantir a sustentabilidade do ser humano.

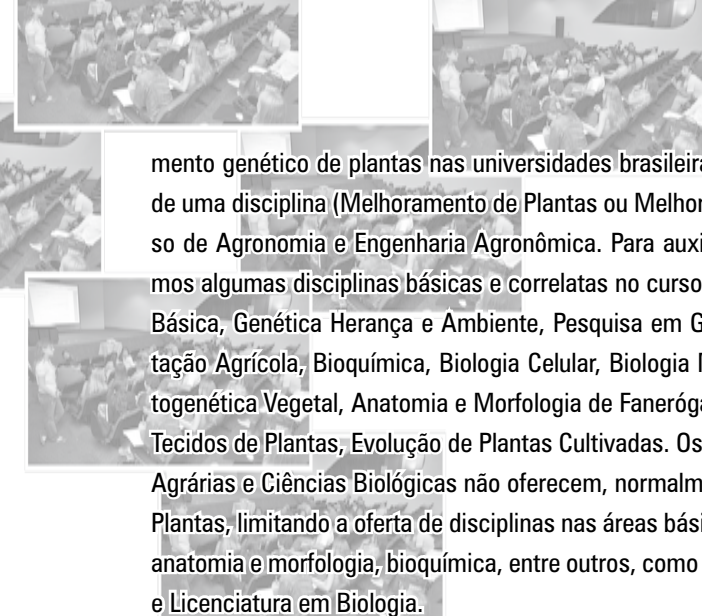
Estudos foram realizados ao longo dos séculos e no final do século 17, Camerarius (Alemanha, 1694) demonstrou a existência do sexo em plantas, e sugeriu a hibridação como um método de conseguir novos tipos. Para alguns historiadores, o melhoramento científico vegetal teve início nesta época.



O Século XX foi marcado por grandes descobertas ou desenvolvimentos que tiveram profundo impacto na maneira de se fazer o melhoramento de plantas. Antes de tudo houve a redescoberta das leis de Mendel, no início do século. Por volta de 1910 aconteceu a descoberta da heterose. A década de 1920 foi marcada pelo desenvolvimento dos métodos clássicos de melhoramento. Na década de 1930 a euforia foi em função da descoberta da mutagênese e da utilização dos métodos estatísticos. Na década seguinte ocorreram os grandes avanços na genética quantitativa. Na década de 1950 a fisiologia, na de 1960 a bioquímica, na de 1970, a cultura de tecidos e na de 1980 a biologia molecular (BORÉM, 1998). Todavia, com base na experiência acumulada em 45 anos de melhoramento de milho, Duvick (1986) relatou que os maiores avanços que presenciou no melhoramento de plantas foram: a implementação do uso de maquinaria e computadores nos programas de melhoramento; a prática de duas ou mais gerações ao ano, diminuindo o tempo para a obtenção de novas variedades; e o aumento na rapidez da comunicação entre melhoristas ao redor do mundo, por meio do fax e do correio eletrônico. As contribuições do melhoramento de plantas, fundamentado em conhecimentos científicos, têm permitido produções que atendam a demanda mundial de alimentos (WOLF, 1986). A Revolução Verde certamente foi uma das maiores demonstrações do impacto econômico e social que o melhoramento de plantas pode ter no mundo. Nesse caso, a introdução de genes para baixa estatura em trigo e, mais adiante, em outros cereais, como arroz, possibilitou um incremento significativo na adaptação e produtividade dessas espécies. Também possibilitou o uso maior de fertilizantes nitrogenados, gerando o emprego de pacotes tecnológicos, mesmo em países de terceiro mundo, com aumento significativo na produção mundial de alimentos (BORLAUG, 1968, 1969).

Os avanços continuaram, pois a velocidade da evolução da ciência foi enorme. Por exemplo, a estrutura da hélice dupla do DNA foi elucidada em 1953. Vinte anos mais tarde, em 1973, a descoberta das enzimas de restrição abriu as portas da biologia molecular aos cientistas. A primeira planta transgênica, na qual um gene de bactéria foi inserido de forma estável no genoma vegetal, foi produzida em 1983. Naquela ocasião, foram feitas previsões pela mídia sobre a contribuição da biotecnologia, tanto por leigos quanto pelos próprios cientistas, criando grande expectativa de suas aplicações. Inúmeras empresas, desde pequenas até grandes empresas, foram criadas, atraídas pelo entusiasmo prevalecente na época e a maioria delas fechou as portas (BORÉM, 1998).

Mesmo com todos estes avanços em aproximadamente cem anos de história do melhoramento de plantas, início do século 20 até início do século 21, o ensino de melhora-




mento genético de plantas nas universidades brasileiras está restrito geralmente a oferta de uma disciplina (Melhoramento de Plantas ou Melhoramento Vegetal) obrigatória no curso de Agronomia e Engenharia Agrônômica. Para auxiliar o melhoramento de plantas temos algumas disciplinas básicas e correlatas no curso de Agronomia, tais como Genética Básica, Genética Herança e Ambiente, Pesquisa em Genética, Bioestatística, Experimentação Agrícola, Bioquímica, Biologia Celular, Biologia Molecular, Metabolismo Celular, Citogenética Vegetal, Anatomia e Morfologia de Fanerógamas, Fisiologia Vegetal, Cultura de Tecidos de Plantas, Evolução de Plantas Cultivadas. Os demais cursos da área de Ciências Agrárias e Ciências Biológicas não oferecem, normalmente, a disciplina Melhoramento de Plantas, limitando a oferta de disciplinas nas áreas básicas, tais como, genética, fisiologia, anatomia e morfologia, bioquímica, entre outros, como ocorre com o curso de Bacharelado e Licenciatura em Biologia.

As pesquisas em melhoramento genético de plantas no curso de graduação em Agronomia estão inseridas em trabalhos de pesquisa do Programa de Iniciação Científica (Pibic e Pic) fomentados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e pelas universidades. Outras pesquisas de iniciação científica têm sido desenvolvidas por estudantes estagiários de diversas empresas em parceria com as universidades, tais como a Embrapa e os Centros de Pesquisa Estaduais: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (Encapa), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), entre outras.

O nível de aprendizado dos acadêmicos de graduação em disciplinas como a Genética (básica) e o Melhoramento de Plantas (aplicada), tem sido muito aquém do ideal para atuar como Engenheiro Agrônomo, na área de melhoramento genético de plantas¹. Este aprendizado, que é bastante limitado, tem sido observado frequentemente nas disciplinas profissionalizantes subseqüentes a disciplina melhoramento de plantas, tais como: Olericultura, Fruticultura, Grandes Culturas, entre outras, e, principalmente, no curso de pós-graduação em Agronomia, área de concentração: Melhoramento de Plantas, Fitotecnia, entre outros.

¹ Como professor no magistério superior ministrando disciplinas nos cursos de Engenharia Agrônômica, Engenharia Florestal e Ciências Biológicas, e como Avaliador de Cursos e Avaliador Institucional do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) do Ministério da Educação (MEC), o autor José Ricardo Peixoto tem percebido que a disciplina de Melhoramento Genético de Plantas, assim como a disciplina de Genética Básica, pré-requisito para cursar o melhoramento de plantas na graduação, tem despertado pouco interesse aos alunos.

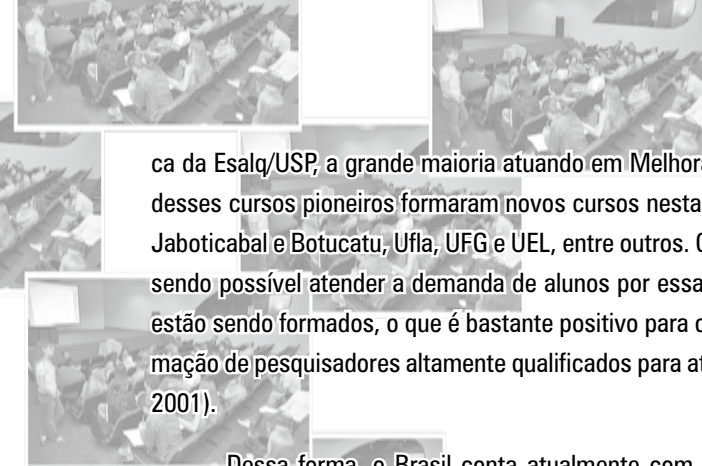


Como uma das conseqüências do pouco interesse pelo conhecimento do melhoramento de plantas temos a diminuição do número de melhoristas no Brasil, sendo um fator bastante preocupante para os cientistas e para a toda nação, face a fundamental importância do melhorista de plantas no agronegócio brasileiro. Num levantamento recente feito pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) concluiu-se que houve diminuição de melhoristas nos países em desenvolvimento, que há de falta de recursos financeiros e infra-estrutura e ausência de consciência e divulgação sobre a importância da conservação de recursos genéticos vegetais, entre outras questões críticas. De acordo com Jones e Cassells (1995), as universidades da Europa e da América do Norte direcionaram as pesquisas de genética, na década de 1990, para as áreas predominantemente de transgenia e de biologia molecular, em detrimento ao melhoramento clássico. Em decorrência, o número de universidades nesses locais que oferecem treinamento em níveis de graduação e pós-graduação em genética e melhoramento clássicos tem declinado, com sérias conseqüências para a sociedade.

Em resumo, a situação do melhoramento de plantas requer a tomada de uma série de medidas factíveis e de forma rápida, no sentido de aumentar a quantidade de melhoristas de plantas bem capacitados e atuantes profissionalmente no Brasil, tanto no âmbito de graduação como em âmbito de pós-graduação e nas mais diversas empresas de melhoramento de plantas. Isto será possível através da melhoria das condições de ensino, especialmente na infra-estrutura das universidades; da melhoria da matriz curricular do curso de Engenharia Agrônômica; da melhoria dos programas de melhoramento genético; do uso de importantes ferramentas da engenharia genética como os marcados moleculares; do cumprimento dos aspectos ambientais, legais, sociais e éticos; entre outras ações, objetivando aumentar o interesse dos estudantes por esta importante área do conhecimento e preparar, da melhor maneira possível, este profissional para atuar ativamente neste tão importante mercado de trabalho.

O Melhoramento Genético na Pós-graduação

A formação de recursos humanos em Melhoramento Genético Vegetal iniciou-se com a criação de cursos de mestrado em meados da década de 1960 e de doutorado no início da década de 1970, no Departamento de Genética da Esalq/USP, em Piracicaba, e na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Até esta data, foram titulados 364 mestrados e 235 doutorados no curso de Genética e Melhoramento de Plantas do Departamento de Genéti-



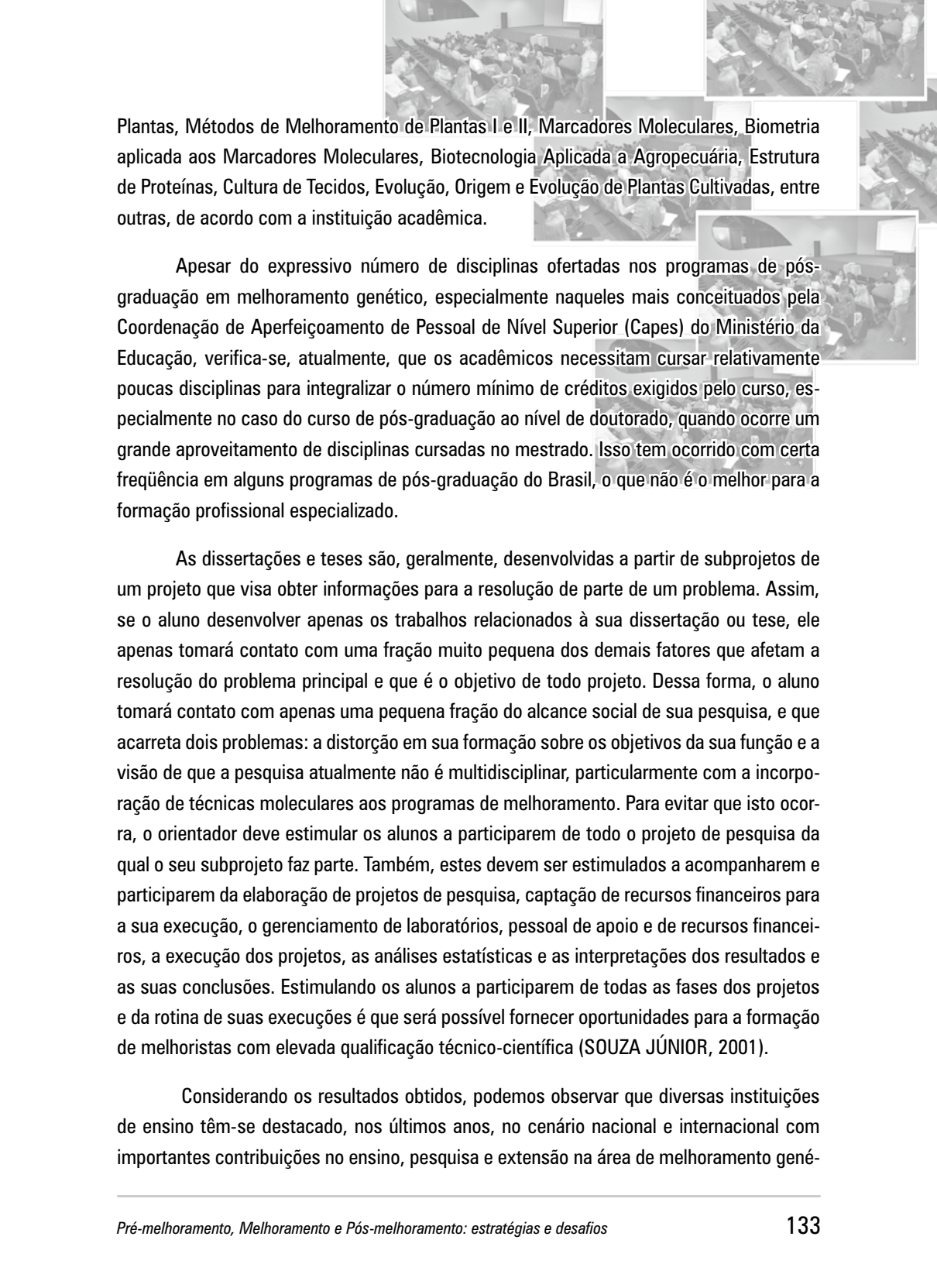
ca da Esalq/USP, a grande maioria atuando em Melhoramento Genético Vegetal. Egressos desses cursos pioneiros formaram novos cursos nesta área, como os cursos da Unesp de Jaboticabal e Botucatu, Ufla, UFG e UEL, entre outros. Com a expansão desses cursos está sendo possível atender a demanda de alunos por essa área, novos centros de excelência estão sendo formados, o que é bastante positivo para o país, uma vez que possibilita a formação de pesquisadores altamente qualificados para atuarem nesta área (SOUZA JÚNIOR, 2001).

Dessa forma, o Brasil conta atualmente com diversos cursos de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas em diversas regiões do país com elevada qualificação técnico-científica. Ademais, o fato de nosso país apresentar condições edafoclimáticas muito diferentes dos países desenvolvidos localizados no hemisfério norte com práticas agrícolas não adaptadas para as nossas condições implica que os programas de melhoramento devem ser desenvolvidos para as nossas condições, preferencialmente para as condições representativas de cada ecossistema. Portanto, os alunos e pesquisadores devem ser estimulados a procurarem cursos de pós-graduação em nosso próprio país. Evidentemente, quando houver necessidade de se aprender uma ou um conjunto de técnicas laboratoriais ou metodologias que estão disponíveis apenas nos países desenvolvidos, devem-se estimular os alunos ou pesquisadores a procurarem os cursos que permitam aprendê-las (SOUZA JÚNIOR, 2001).

Os programas de melhoramento genético de plantas das universidades brasileiras possuem na sua lista de oferta uma diversidade de disciplinas obrigatórias, de disciplinas optativas ou de domínio conexo, havendo consideráveis diferenças entre os diversos programas existentes no Brasil.

Como matérias obrigatórias são ofertadas, geralmente, as disciplinas Genética Vegetal, Genética na Agropecuária, Biometria Aplicada ao Melhoramento de Plantas, Métodos de Experimentação na Agropecuária, Delineamento e Análise de Experimentos, Metodologia Científica, entre outras.

Como matérias optativas ou de domínio conexo são ofertadas, geralmente, as disciplinas de Citogenética, Genética Molecular, Genética Quantitativa de Alógamas, Genética Quantitativa de Autógamas, Genética de Populações, Análise de Experimentos em Genética e Melhoramento de Plantas, Melhoramento de Grandes Culturas, Melhoramento de Hortaliças, Melhoramento de Fruteiras, Análise Genômica Aplicada ao Melhoramento de

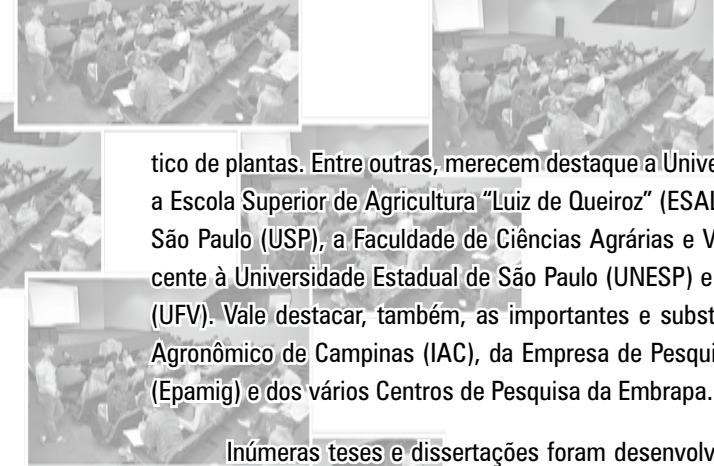


Plantas, Métodos de Melhoramento de Plantas I e II, Marcadores Moleculares, Biometria aplicada aos Marcadores Moleculares, Biotecnologia Aplicada a Agropecuária, Estrutura de Proteínas, Cultura de Tecidos, Evolução, Origem e Evolução de Plantas Cultivadas, entre outras, de acordo com a instituição acadêmica.

Apesar do expressivo número de disciplinas ofertadas nos programas de pós-graduação em melhoramento genético, especialmente naqueles mais conceituados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) do Ministério da Educação, verifica-se, atualmente, que os acadêmicos necessitam cursar relativamente poucas disciplinas para integralizar o número mínimo de créditos exigidos pelo curso, especialmente no caso do curso de pós-graduação ao nível de doutorado, quando ocorre um grande aproveitamento de disciplinas cursadas no mestrado. Isso tem ocorrido com certa frequência em alguns programas de pós-graduação do Brasil, o que não é o melhor para a formação profissional especializado.

As dissertações e teses são, geralmente, desenvolvidas a partir de subprojetos de um projeto que visa obter informações para a resolução de parte de um problema. Assim, se o aluno desenvolver apenas os trabalhos relacionados à sua dissertação ou tese, ele apenas tomará contato com uma fração muito pequena dos demais fatores que afetam a resolução do problema principal e que é o objetivo de todo projeto. Dessa forma, o aluno tomará contato com apenas uma pequena fração do alcance social de sua pesquisa, e que acarreta dois problemas: a distorção em sua formação sobre os objetivos da sua função e a visão de que a pesquisa atualmente não é multidisciplinar, particularmente com a incorporação de técnicas moleculares aos programas de melhoramento. Para evitar que isto ocorra, o orientador deve estimular os alunos a participarem de todo o projeto de pesquisa da qual o seu subprojeto faz parte. Também, estes devem ser estimulados a acompanharem e participarem da elaboração de projetos de pesquisa, captação de recursos financeiros para a sua execução, o gerenciamento de laboratórios, pessoal de apoio e de recursos financeiros, a execução dos projetos, as análises estatísticas e as interpretações dos resultados e as suas conclusões. Estimulando os alunos a participarem de todas as fases dos projetos e da rotina de suas execuções é que será possível fornecer oportunidades para a formação de melhoristas com elevada qualificação técnico-científica (SOUZA JÚNIOR, 2001).

Considerando os resultados obtidos, podemos observar que diversas instituições de ensino têm-se destacado, nos últimos anos, no cenário nacional e internacional com importantes contribuições no ensino, pesquisa e extensão na área de melhoramento gené-




tico de plantas. Entre outras, merecem destaque a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) pertencente à Universidade de São Paulo (USP), a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal pertencente à Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV). Vale destacar, também, as importantes e substanciais contribuições do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e dos vários Centros de Pesquisa da Embrapa.

Inúmeras teses e dissertações foram desenvolvidas dentro de programas de melhoramento genético voltados para o desenvolvimento de cultivares baseando-se na introdução e melhoramento de variedades de polinização aberta, melhoramento de populações, obtenção de linhagens e híbridos F_1 .

Em plantas alógamas, o estudo do melhoramento populacional proporcionou a obtenção de diversos resultados com o uso de diferentes métodos ou processos de melhoramento genético, citando-se: a eficiência dos métodos de melhoramento para as características sob seleção; técnicas para aumentar a eficiência da seleção; eficiência do índice de seleção; inferência sobre o tipo de ação gênica; concordância de modelos biométricos com o ganho de seleção e valor de diferentes testadores para melhoramento populacional; uso da variância genética aditiva; herdabilidade e coeficiente de correlação genética; alteração da capacidade de combinação com testadores específicos e não específicos; alteração na depressão endogâmica; alteração na heterose devido ao melhoramento inter e intrapopulacional; potencial das populações melhoradas com fonte de linhagens endogâmicas para a formação de híbridos; efeito da amostragem e depressão endogâmica em populações pequenas; efeito do ambiente e da interação genótipo *versus* ambiente. Esses estudos basearam muito na genética quantitativa e de populações. No final do século passado, começaram a ser utilizados os marcadores moleculares para a identificação de linhagens, a quantificação da diversidade genética e a marcação de características de interesse econômico (MIRANDA, 2008).

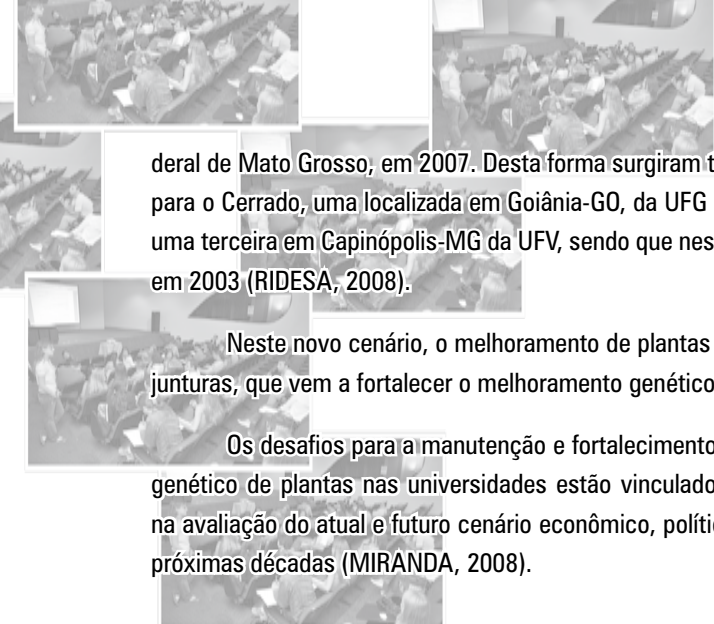
Os programas de melhoramento genético nas universidades sempre mostraram adequados para a geração de conhecimentos, formar recursos humanos (mestres e doutores), treinar mão-de-obra e desenvolver alguns produtos (cultivares de polinização aberta e híbridos F_1). No entanto, um dos aspectos mais importantes que é a bioprospecção definida como o método ou forma de localizar, avaliar e explorar sistemática e legalmente a diversidade de vida existente em determinado local necessita ser regulamentada para que possa seguir normas ou princípios que sustentem a sua execução.



O mundo passou por importantes transformações, a partir da década de 1970, que vieram afetar profundamente as relações sociais na sociedade como um todo. Um dos fatores que proporcionou essas mudanças foi a globalização. Para Giddens (2000) absolutamente ninguém que queira compreender nossas perspectivas no final do século pode ignorá-la.

As transformações ocorridas e a globalização trouxeram significativos reflexos para as organizações, que já vêm se ajustando, desde o início da década de 1990, a este quadro. As demandas da sociedade tornam-se mais complexas, extrapolando a capacidade de uma única instituição em atendê-las. Como resultado, a parceria emerge como um valioso mecanismo para conferir maior oportunidade entre as instituições e o seu ambiente (FREITAS FILHO et al., 1994). As parcerias representam no momento econômico, um dos caminhos mais seguros para aumentar a eficiência das empresas. “Definidos também, como “alianças estratégicas”, os sistemas de cooperação mútua se tornam tão necessários nos dias atuais que os objetivos das empresas, a exemplo da Embrapa, dificilmente serão alcançados se tal estratégia não for adotada” (COELHO,1992). Dentro deste contexto, diversas empresas têm definido esta estratégia, com universidades e centros de pesquisa, como meio de desenvolverem novos produtos, novas cultivares, através de um melhoramento acordado entre as partes.

Como exemplo, foi criado a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro - Ridesa, formada por Universidades federais - Ministério da Educação e Desporto, com a finalidade de incorporar as atividades do extinto Planalsucar, e dar continuidade ao desenvolvimento de pesquisas visando a melhoria da produtividade do setor. A Ridesa foi inicialmente instituída por meio de convênio firmado entre sete Universidades Federais (UFPR, UFSCar, UFV, UFRRJ, UFS, Ufal e UFRPE). Com o apoio de parte significativa do Setor Sucroalcooleiro, por meio de convênio, a Ridesa começou a desempenhar suas funções em 1991, aproveitando a capacitação dos pesquisadores e as bases regionais do ex-Planalsucar, aos quais se juntaram professores das universidades. Além das estações experimentais, a Ridesa também desenvolve pesquisa nos campus das sete universidades federais, envolvendo, principalmente, pesquisas conduzidas nos diferentes cursos de pós-graduação, em nível de mestrado e doutorado. Nestes 16 anos de atuação, as universidades federais deram maior ênfase à manutenção e continuidade da pesquisa relacionada ao Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA), que continuou a utilizar a sigla RB para identificar seus cultivares, tendo liberado 65 cultivares. A partir de 2004 houve a inclusão da Universidade Federal de Goiás e da Universidade Fe-



deral de Mato Grosso, em 2007. Desta forma surgiram três novas estações experimentais para o Cerrado, uma localizada em Goiânia-GO, da UFG e outra em Cuiabá-MT da UFMT e uma terceira em Capinópolis-MG da UFV, sendo que nesta última os trabalhos se iniciaram em 2003 (RIDESA, 2008).

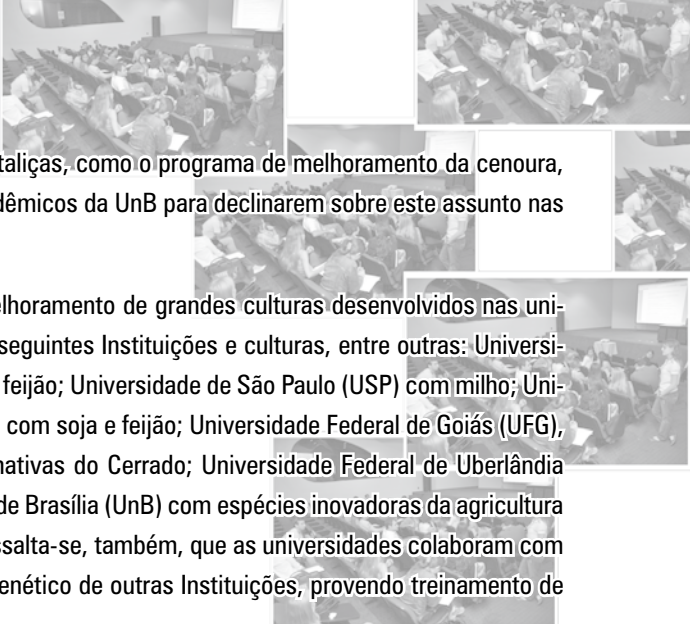
Neste novo cenário, o melhoramento de plantas passa por este tipo de novas conjunturas, que vem a fortalecer o melhoramento genético vegetal no Brasil.

Os desafios para a manutenção e fortalecimento dos programas de melhoramento genético de plantas nas universidades estão vinculados à tomada de decisões corretas na avaliação do atual e futuro cenário econômico, político e social que estará vigente nas próximas décadas (MIRANDA, 2008).

Cenários futuros

Os programas de melhoramento genético de fruteiras nas Universidades brasileiras possuem número relativamente pequeno de culturas. Na cultura do maracujazeiro, podemos citar, entre outras, a Universidade Federal de Viçosa (UFV), a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e a Universidade de Brasília (UnB) em parceria com a Embrapa Cerrados. Na Universidade Federal de Goiás (UFG) temos trabalhos com fruteiras nativas. Temos ainda outros trabalhos com fruteiras tropicais, subtropicais e temperadas sendo desenvolvidos por outras Universidades. Acrescenta-se que os centros de pesquisa da Embrapa e as empresas de pesquisa estaduais (IAC, Epamig, Iapar, Empasc, etc) têm desenvolvido programas de melhoramento genético com diversas fruteiras, com ou sem parceria com as Universidades.

Os programas de melhoramento genético de hortaliças nas universidades brasileiras possuem número mais expressivo de espécies pesquisadas, comparativamente às fruteiras. Como destaque podemos citar a Universidade Federal de Lavras (Ufla) que possui inúmeros programas de melhoramento genético de plantas com excelentes resultados citando a melhoramento das seguintes culturas: batata, tomate, pimentão, berinjela, batata-doce, alface, couve-flor, repolho, abóbora, entre outras. Dentre outras Instituições que trabalham com hortaliças, temos a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de São Paulo (Unesp), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Universidade de Brasília (UnB) que possui um programa de melhoramento genético de batata-doce em parceria com a Embrapa Hortaliças. Esta unidade da Embrapa possui ainda vários programas



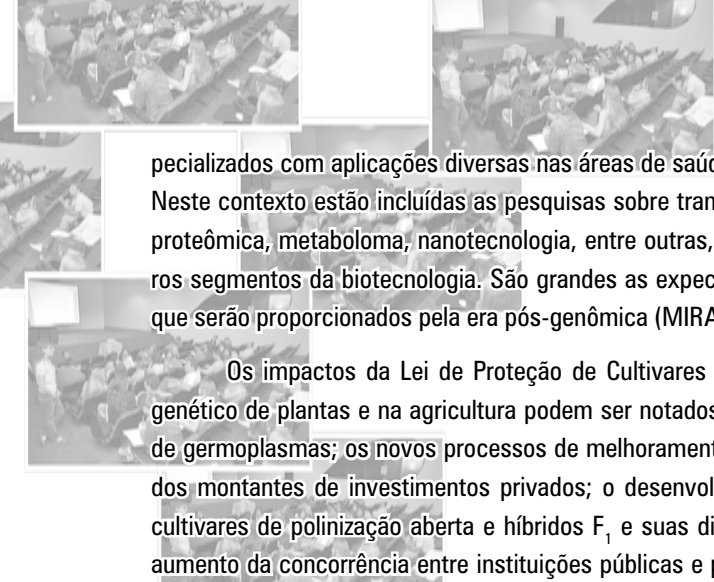
de melhoramento genético de hortaliças, como o programa de melhoramento da cenoura, cebola e tomate, que utilizam acadêmicos da UnB para declinarem sobre este assunto nas suas dissertações ou teses.

Entre os programas de melhoramento de grandes culturas desenvolvidos nas universidades podemos destacar as seguintes Instituições e culturas, entre outras: Universidade Federal de Lavras (Ufla) com feijão; Universidade de São Paulo (USP) com milho; Universidade Federal de Viçosa (UFV) com soja e feijão; Universidade Federal de Goiás (UFG), com cana-de-açúcar e espécies nativas do Cerrado; Universidade Federal de Uberlândia (UFV) com algodão; Universidade de Brasília (UnB) com espécies inovadoras da agricultura (quinoa, amaranto, kenaf, tef). Ressalta-se, também, que as universidades colaboram com os programas de melhoramento genético de outras Instituições, provendo treinamento de acadêmicos e técnicos.

Os programas de melhoramento genético de milho nas universidades estão diante de situações locais, nacionais e globais que direcionam a tomada de decisões dos melhoristas e das instituições públicas. Entre estes novos cenários que proporcionam novos desafios e oportunidades, destacam-se o agronegócio, a globalização, a desregulamentação, a inovação tecnológica, a proteção de cultivares e o incentivo a produção tecnológica (MIRANDA, 2008).

O rápido processo de abertura e desregulamentação dos mercados revelou a fragilidade de algumas cadeias e setores específicos da atividade agrícola e agroindustrial comprometendo, de certa maneira, a sua sobrevivência. A inserção competitiva dos agricultores e das universidades neste novo cenário requer grande esforço na capacitação e profissionalização de suas atividades. A atividade agrícola tornou-se dependente do mercado e das indústrias de insumos e de processamento devido ao desempenho do processo tecnológico e de mercado (MIRANDA, 2008).

Neste processo, a integração entre as indústrias de sementes, defensivos agrícolas, produtos veterinários, alimentos, bebidas e fármacos é intensa e o suporte tecnológico é dado pela biotecnologia que passa a desempenhar papel central neste processo. No melhoramento genético de plantas, a biotecnologia é uma das mais novas ferramentas para aumentar a eficiência da seleção. A biotecnologia integra um conjunto de tecnologias habilitadoras que possibilitam utilizar, alterar e otimizar organismos vivos ou suas partes funcionais, células, organelas e moléculas, para gerar produtos, processos e serviços es-



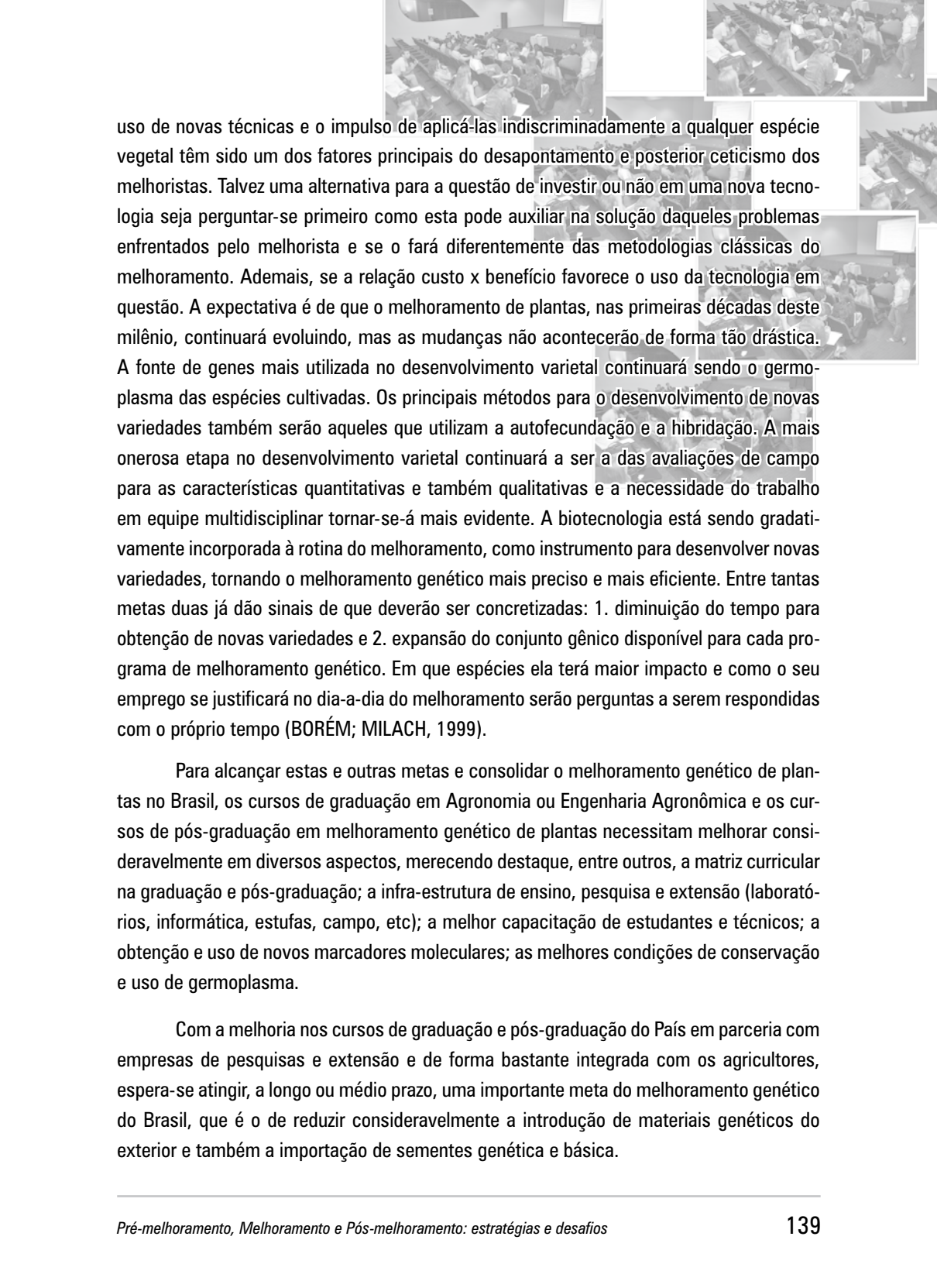
pecializados com aplicações diversas nas áreas de saúde, agropecuária e meio ambiente. Neste contexto estão incluídas as pesquisas sobre transgenia, terapia gênica, genômica, proteômica, metaboloma, nanotecnologia, entre outras, que estão revolucionando inúmeros segmentos da biotecnologia. São grandes as expectativas em relação aos benefícios que serão proporcionados pela era pós-genômica (MIRANDA, 2008).

Os impactos da Lei de Proteção de Cultivares nos programas de melhoramento genético de plantas e na agricultura podem ser notados como a restrição do intercâmbio de germoplasmas; os novos processos de melhoramento genético de plantas; o aumento dos montantes de investimentos privados; o desenvolvimento de um maior número de cultivares de polinização aberta e híbridos F_1 e suas disponibilidades aos agricultores; o aumento da concorrência entre instituições públicas e privadas; as questões legais entre as parcerias interinstitucionais; o estabelecimento de infra-estrutura e de políticas institucionais de proteção de cultivares; e o aumento de investimentos em marketing de novos produtos (cultivares).

Infelizmente, continuamos dependendo da importação de sementes de inúmeras espécies vegetais, sendo bastante numerosa a quantidade de novas variedades (polinização aberta e híbridos) que chega ao Brasil a cada ano, especialmente no setor olerícola. Os ensaios sobre competição de cultivares no País vêm se tornando cada vez mais escassos, tendo como uma das causas a grande quantidade de novas variedades que tem chegado no Brasil a cada ano. Neste contexto, o próprio agricultor brasileiro tem plantado, avaliado e escolhido as melhores cultivares para os próximos plantios, contando obviamente com a substancial participação dos varejistas, atacadistas e consumidores brasileiros na escolha das melhores cultivares. As empresas agropecuárias também têm contribuído, de forma ativa, através da considerável propaganda das novas variedades e dos novos preços, contribuindo ainda mais para o sucesso das empresas estrangeiras, na venda de seus produtos aos importadores do Brasil.

Considerações Finais

Nenhuma tecnologia por si só pode substituir a prática do melhoramento genético de plantas. Novas tecnologias podem auxiliar na seleção de progênies superiores, mas a avaliação a campo de materiais superiores ainda é uma etapa fundamental e deverá continuar sendo nos moldes da agricultura moderna. De forma semelhante, ocorre com a biotecnologia, que já está tendo impacto no melhoramento de diversas espécies, mas provavelmente será inviável para outras. Acredita-se que a expectativa gerada em torno do



uso de novas técnicas e o impulso de aplicá-las indiscriminadamente a qualquer espécie vegetal têm sido um dos fatores principais do desapontamento e posterior ceticismo dos melhoristas. Talvez uma alternativa para a questão de investir ou não em uma nova tecnologia seja perguntar-se primeiro como esta pode auxiliar na solução daqueles problemas enfrentados pelo melhorista e se o fará diferentemente das metodologias clássicas do melhoramento. Ademais, se a relação custo x benefício favorece o uso da tecnologia em questão. A expectativa é de que o melhoramento de plantas, nas primeiras décadas deste milênio, continuará evoluindo, mas as mudanças não acontecerão de forma tão drástica. A fonte de genes mais utilizada no desenvolvimento varietal continuará sendo o germoplasma das espécies cultivadas. Os principais métodos para o desenvolvimento de novas variedades também serão aqueles que utilizam a autofecundação e a hibridação. A mais onerosa etapa no desenvolvimento varietal continuará a ser a das avaliações de campo para as características quantitativas e também qualitativas e a necessidade do trabalho em equipe multidisciplinar tornar-se-á mais evidente. A biotecnologia está sendo gradativamente incorporada à rotina do melhoramento, como instrumento para desenvolver novas variedades, tornando o melhoramento genético mais preciso e mais eficiente. Entre tantas metas duas já dão sinais de que deverão ser concretizadas: 1. diminuição do tempo para obtenção de novas variedades e 2. expansão do conjunto gênico disponível para cada programa de melhoramento genético. Em que espécies ela terá maior impacto e como o seu emprego se justificará no dia-a-dia do melhoramento serão perguntas a serem respondidas com o próprio tempo (BORÉM; MILACH, 1999).

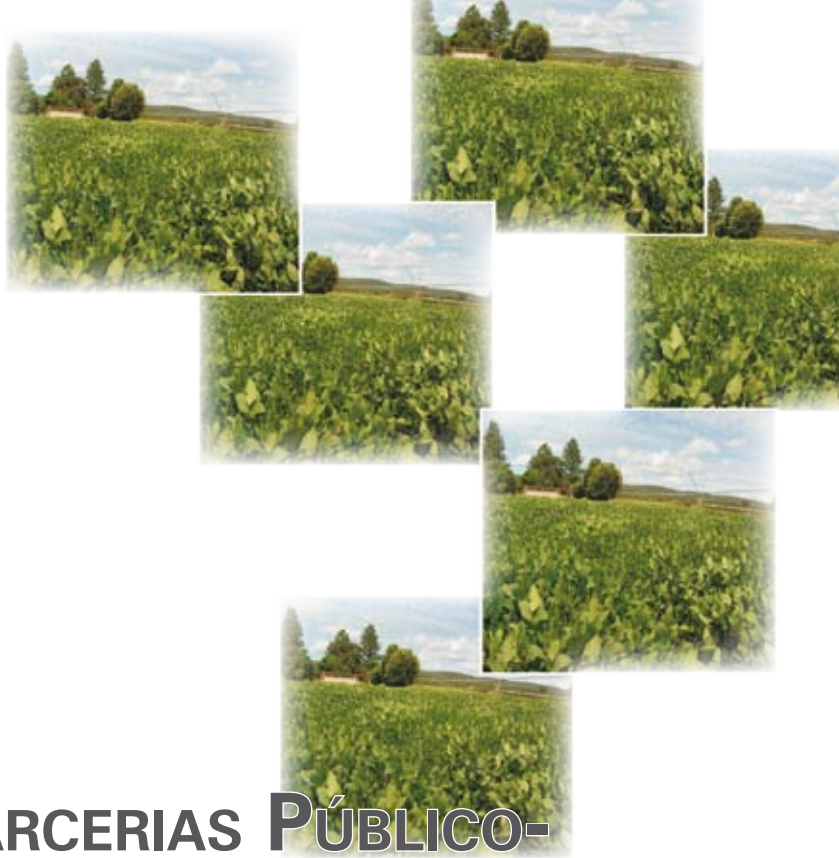
Para alcançar estas e outras metas e consolidar o melhoramento genético de plantas no Brasil, os cursos de graduação em Agronomia ou Engenharia Agrônômica e os cursos de pós-graduação em melhoramento genético de plantas necessitam melhorar consideravelmente em diversos aspectos, merecendo destaque, entre outros, a matriz curricular na graduação e pós-graduação; a infra-estrutura de ensino, pesquisa e extensão (laboratórios, informática, estufas, campo, etc); a melhor capacitação de estudantes e técnicos; a obtenção e uso de novos marcadores moleculares; as melhores condições de conservação e uso de germoplasma.

Com a melhoria nos cursos de graduação e pós-graduação do País em parceria com empresas de pesquisas e extensão e de forma bastante integrada com os agricultores, espera-se atingir, a longo ou médio prazo, uma importante meta do melhoramento genético do Brasil, que é o de reduzir consideravelmente a introdução de materiais genéticos do exterior e também a importação de sementes genética e básica.



Referências

- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 22. ed. Viçosa, MG: UFV, 1998. 453 p.
- BORÉM, A.; MILACH, S. K. O melhoramento de plantas na virada do milênio. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, n. 7, p. 68-72, jan./fev. 1999.
- BORLAUG, N. E. Wheat breeding and its impact on world food supply. In: INTERNATIONAL WHEAT GENETICS SYMPOSIUM, 3., 1968, Canberra. **Proceedings...** Canberra: Australian Academy of Science, 1968. p: 5-9.
- BORLAUG, N. E. A Green Revolution yields a golden harvest. **Columbia Journal of World Business**, v. 4, p. 9-19, 1969.
- COELHO, Y. da S. **A parceria na pesquisa agropecuária: o caso do CNPMP/Embrapa**. Cruz das Almas: Embrapa-CNPMP, 1992. (Embrapa-CNPMP. CNPMP em Foco, 60).
- DUVICK, D. N. Plant breeding an evolutionary concept. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 539-548, 1986.
- EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. 63 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 75).
- FREITAS FILHO, A. de; CASTRO, A. M. G. de; RIBEIRO, O. C.; KORNELIUS, E.; REIS, A. E. G. dos. Parceria: mecanismo contemporâneo de atuação interinstitucional. In: GOEDERT, W. J.; PAEZ, M. L. D.; CASTRO, A. M. G. de (Ed.). **Gestão em ciência e tecnologia: pesquisa agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. p. 205-253.
- GIDDENS, A. **Mundo em descontrole**. Rio de Janeiro: Record, 2000. 108 p.
- JONES, P. W.; CASSELLS, A. C. Criteria for decision making in crop improvement programmes: technical considerations. **Euphytica**, Wageningen, v. 85 p. 465-476, 1995.
- MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas nas Instituições do Setor Público**. Disponível em: <www.genmelhor.ufv.br/materiais/III%20egm/textomelhoramentodeplantas.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2008.
- RIDESA. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.ridesa.org.br>>. Acesso em: 22 nov. 2008.
- SOUZA JÚNIOR, C. L. de. Formação de melhoristas de plantas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2007, Goiânia. **Palestras**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 1 CD-ROM. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 113).
- WOLF, E. C. **Beyond the Green Revolution: new approaches for third world agriculture**. Washington: Worldwatch Institute, 1986. 49 p. (Worldwatch Paper, 73).



**PARCERIAS PÚBLICO-
PRIVADAS E PROJETOS EM
REDE: O EXEMPLO COM A
CULTURA DA SOJA**

Parcerias Público-Privadas e Projetos em Rede: o exemplo com a cultura da soja

*Plínio Itamar de Mello de Souza
Austeclynio Lopes de Farias Neto
Claudete Teixeira Moreira
Sergio Abud da Silva*

Introdução

A evolução tecnológica da comunicação, dos transportes e a abertura dos mercados no mundo proporcionaram um grande processo de internacionalização das economias tendo com um dos resultados o aumento na demanda por produtos e serviços de elevada qualidade e, conseqüentemente, um aumento da competitividade. O desenvolvimento científico e tecnológico tem sido, portanto, suporte fundamental para essas mudanças. Como não poderia deixar de ser, a pesquisa agropecuária, por meio do melhoramento genético, está totalmente inserida nesse contexto. Outro fator primordial nessa transformação foi o estabelecimento da propriedade intelectual nos produtos do melhoramento genético no Brasil, que funcionou como um agente modificador de paradigmas importantes no relacionamento entre os parceiros públicos e privados e no financiamento de atividades de pesquisa (TOLEDO et al., 2001).

Com a criação da lei de Proteção de Cultivares (nº. 9456 de abril de 1997) e de Biossegurança (nº. 1752 de dezembro de 1995), abriu-se espaço para os investimentos privados na criação de cultivares das principais culturas de importância econômica, bem como, novas perspectivas de negócios relativas à introdução de genes por técnicas de transformação genética nas cultivares brasileiras. Este cenário despertou de imediato, o interesse de grandes empresas internacionais ligadas ao melhoramento genético. Como exemplo disso está a cultura de milho, onde as grandes empresas internacionais adquiriram as empresas brasileiras de genética e melhoramento, resultando no rápido domínio de mais de 90 % do mercado brasileiro de sementes (TOLEDO et al., 2001). No caso da soja, como já existiam algumas parcerias estratégicas entre a Embrapa e o setor privado,

o resultado imediato foi um reforço à nova legislação, levando a contribuição das cultivares da Embrapa e suas parcerias a uma participação no mercado de até 70 %. Isso mostrou uma elevada eficiência inicial do sistema, em decorrência da excelente qualidade das cultivares resultantes, principalmente em produtividade, resistência a doenças e adaptação as diversas regiões produtoras, em especial, as tropicais. Entretanto, apesar dessas características continuarem a serem mantidas e até melhoradas, a participação das cultivares da Embrapa e seus parceiros têm diminuído, estimando-se no momento em torno de 50 % do mercado de sementes de soja.

Portanto, este trabalho visa abordar a experiência da Embrapa em termos de parcerias para a geração de cultivares de soja, analisando seus benefícios para o agro-negócio da soja, seus pontos de vulnerabilidade, bem como, inferir possíveis ações para melhoria do cenário atual.

Situação das Parcerias

A Embrapa possui, com a cultura da soja, alguns tipos de cooperações com a iniciativa privada, em especial com cooperativas agropecuárias, com produtores de semente e com outras empresas nacionais ou estrangeiras. Entretanto, as parcerias com fundações criadas por produtores de sementes de soja, são as que apresentam melhor resultado, com um retorno mais rápido dos esforços e dos recursos aplicados.

Desde 1988 até o momento, já foram estabelecidas aproximadamente 10 parcerias com produtores de sementes, estando apenas 5 em andamento normal, 1 em fase inicial, outra em fase de destrato e 3 foram rescindidas, conforme observado na Fig. 1.

Apesar de os objetivos da Embrapa e dos parceiros produtores de sementes serem, totalmente, diferentes, as parcerias inicialmente deram uma enorme contribuição para o país, pois conforme relato de Toledo et al. (2001), os resultados obtidos até o ano 2000 foram muito benéficos para a sojicultura e, por conseqüência ao país, pois a produção da soja brasileira aumentou 29 % de 1988/1989 a 1998/1999 (Tabela 1). Esse aumento deveu-se, principalmente, às cultivares com maior produtividade, as quais passaram de 1.940 kg/ha⁻¹, em 1988/1989, para 2.360 kg/ha⁻¹, em 1998/1999, enquanto, no mesmo período, a área de cultivo aumentou apenas 12,2 milhões de hectares a 13,6 milhões de hectares. O principal incremento na produção ocorreu na Região Centro-Oeste, mais pre-

cisamente no Cerrado brasileiro (de 8,8 milhões de toneladas para 13 milhões de toneladas), embora todas as outras regiões do Brasil também se beneficiaram. Outro benefício resultante dessas parcerias foi a elevação do nível tecnológico do cultivo da soja brasileira, a níveis similares ao norte-americano, que além de ser o maior produtor mundial, possui muito mais experiência e tempo na geração de tecnologia (TOLEDO et al., 2001).

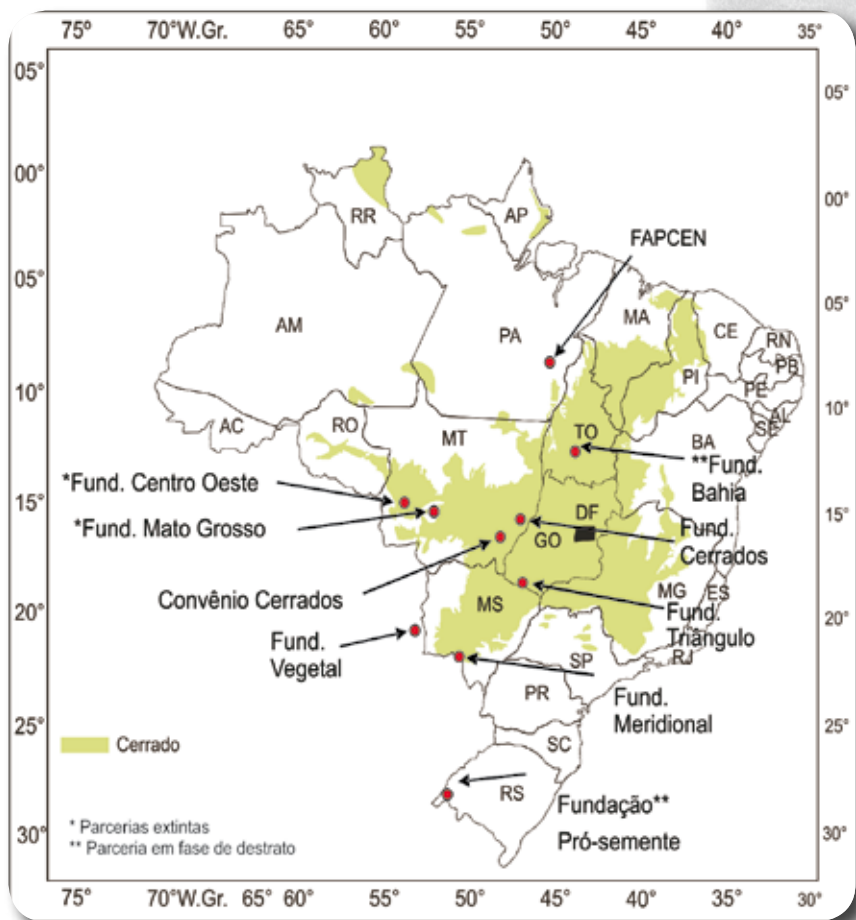


Fig. 1. Parcerias da Embrapa com a iniciativa privada (fundações criadas por produtores de semente de soja).

Tabela 1. Produtividade brasileira de soja em cinco quinquênios sucessivos, compreendendo ao período entre 1975 e 1999.

Período	Produtividade (kg ha⁻¹)	Principais cultivares
1975 a 1980	1541	Bragg, Bossier, BR-1, Davis, IAS-4, IAS-5, Paraná, Planalto, IAC 4, Santa Rosa e UFV-1
1981 a 1985	1714	BR 4 e 6, Cobb, Cristalina, Doko, Emgopa 301, IAC-6, 7 e 8, Ivaí e Tropical
1986 a 1990	1728	BR 15, 16 e 27, (Cariri), Emgopa 305 e 306, FT- Estrela e Abyara, MG/BR-22 (Garimpo), OCEPAR 4 – Iguazu e RS7 - Jacuí
1991 a 1995	2033	BR/EMGOPA 314 (Garça Branca), CAC-1, Embrapa 1, 4, 20 e 48, Emgopa 313, MG/BR-46 (Conquista) e MT/BR-45 (Paiaguás),
1996 a 1999	2319	COODETEC 201, BR/IAC-21, BRS Celeste, BRSGO Jataí, BRSMG Segurança, BRSMT Pintado e Uirapuru, Embrapa 59, 66, 133 e 137, Emgopa 315, FT-106 e MG/BR 48 (Garimpo-RCH)

Fonte: (TOLEDO et al., 2001).

Pode-se dizer, de forma resumida, que o objeto principal da Embrapa, nessa parceria, é cumprir sua missão de gerar tecnologias mais eficientes e sustentáveis, disponibilizá-las à sociedade e manter a sustentabilidade do agronegócio, por meio da criação de cultivares superiores às disponíveis no mercado, utilizando sua infra-estrutura material e de pesquisadores especializados, tendo o trabalho de pesquisa potencializado pelos ágeis recursos da iniciativa privada, para o custeio das pesquisas. Ademais, os produtores de semente, por pertencerem ao seguimento do negócio e não à pesquisa, objetivam ter acesso imediato e exclusividade nas novas tecnologias das quais participaram no custeio, para terem facilidades de negócio e lucros financeiros.

Com o crescimento do mercado de semente, o número de instituições e empresas interessadas na criação de cultivares de soja, tem aumentado significativamente. Atualmente, estima-se que o Brasil já disponha de pelo menos 40 programas de pesquisa para criação de cultivares de soja, envolvendo multinacionais, universidades, empresas públicas e privadas de pequeno e grande porte.

O crescimento do mercado de sementes também está estimulando a valorização da semente, por meio de novas características obtidas pela transgenia. Estes aspectos, aliados à crescente ocorrência de produtores de “sementes piratas” e as oscilações marcantes dos preços da soja no mercado internacional, têm contribuído significativamente para o desinteresse de muitos produtores de sementes em permanecer no ramo. Essa realidade põe em risco um sistema de parceria altamente lucrativo e, por conseqüência, expõe a necessidade de estratégias imediatas que visem a “oxigenar” e garantir a continuidade das parcerias com a Embrapa, ajustando-a a realidade atual do agronegócio da soja.

Outros tipos de parceria também são realizados pela Embrapa. Um exemplo é aquela entre a Embrapa e a Monsanto, que proporcionou a indicação de cultivares tolerantes ao glifosato, “cultivar RR”. Existe também a parceria da Embrapa com a BASF, cujo objetivo é gerar cultivares de soja tolerantes aos herbicidas do grupo das imidazolinonas, com denominação de soja “IMI ou cultivance”.

Para efetivação das parcerias são realizados contratos entre a Embrapa e seus parceiros. Elaboram-se Planos de Trabalho em que são descritas as atividades a serem realizadas e o custeio das mesmas. Esses são feitos anualmente e denominados PAT (Plano Anual de Trabalho).

Pontos Relevantes para a Melhoria das Parcerias

A seguir discorreremos sobre aspectos importantes e sugestões para a melhoria do sistema de parceria da Embrapa com produtores de sementes privados, com foco na criação de cultivares de soja. Os pontos aqui levantados são comentários sobre as parcerias da Embrapa para geração de cultivares de soja como um todo e podem não ser apropriados para todas as parcerias.

Total Compromisso e Entendimento no Cumprimento do PAT (Plano Anual de Trabalho) por parte dos parceiros privados

Este aspecto é extremamente importante, pois pode desqualificar o maior benefício oriundo do parceiro privado, que é a qualidade dos recursos, não somente em termos do montante de custeio, mas, principalmente, a flexibilidade e rapidez com que os recursos da iniciativa privada podem ser aplicados nos trabalhos de pesquisa. Essas características

são bem diferentes das encontradas quando os recursos utilizados em projetos de pesquisa são financiados exclusivamente com recursos públicos. Outro fator de grande importância é a conscientização por parte dos parceiros privados, em entender a importância e exigência do cumprimento dos compromissos para os trabalhos pesquisa, uma vez que esta pesquisa só poderá criar ou obter cultivares superiores, se puder executar, com fidelidade, a metodologia de pesquisa planejada em termos de tempo, material e local.

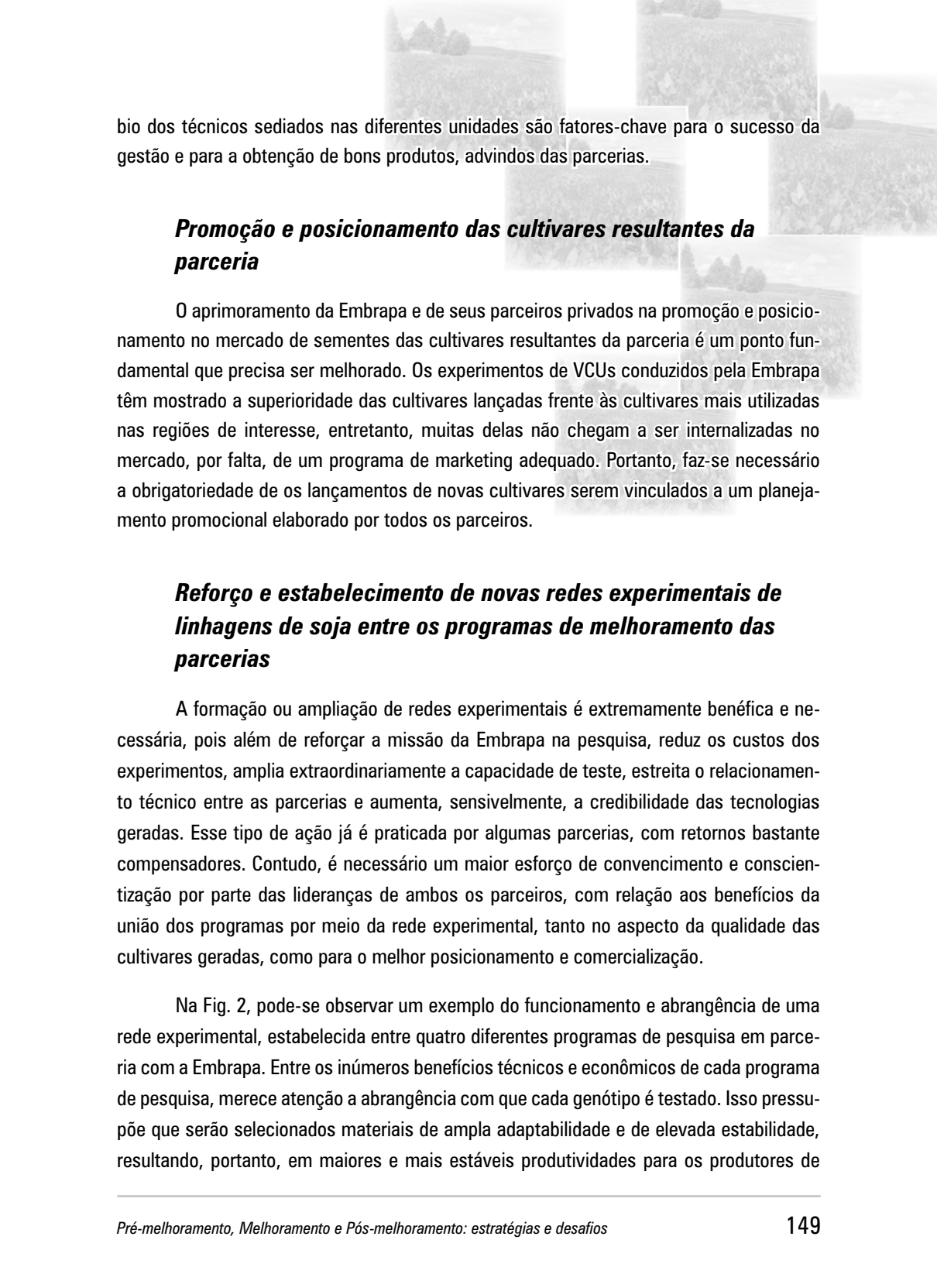
União e cooperação entre as parcerias e programas com objetivos regionais em comum

A união de parcerias e programas de pesquisa com objetivos regionais em comum, pode trazer uma série de benefícios a todos os parceiros, em especial, no que se refere ao menor custo de participação por parte do parceiro privado, diminuição da competição entre parcerias, ampliação do posicionamento das cultivares geradas, facilitando o desenvolvimento de mercado e o estabelecimento de um portfólio bem mais amplo de cultivares.

Aprimoramento constante de gestão e de liderança nas parcerias, por meio da participação com todos os atores do processo de geração de cultivares de soja

O trabalho cooperativo é, sem dúvida, o fator preponderante para o sucesso de programas de pesquisa. Cada parceiro deve ser responsável por diferentes etapas e funções no programa de melhoramento, incentivado e, avaliado, para a execução das metas propostas. Os conhecimentos e a experiência adquiridos na empresa devem ser transmitidos, de forma eficiente, para os novos programas a serem estabelecidos, assim como para os novos profissionais que, gradualmente, vão se agregando.

Muitos programas de melhoramento de soja são conduzidos nas regiões produtoras, onde o parceiro é sediado. Essas regiões, em geral, são formadas por municípios com pouca estrutura do ponto de vista da saúde, do lazer, da educação e da cultura, e são pouco atrativas para a maioria dos pesquisadores e seus familiares. Ademais, essas regiões são distantes da unidade de pesquisa, muitas vezes dificultando o intercâmbio de experiências com a equipe. Assim, a Embrapa deve dar condições competitivas de salário e todo apoio técnico aos seus profissionais, visando à manutenção de sua equipe e, também, a atrair jovens talentos para a condução desses programas. O constante treinamento e o intercâm-



bio dos técnicos sediados nas diferentes unidades são fatores-chave para o sucesso da gestão e para a obtenção de bons produtos, advindos das parcerias.

Promoção e posicionamento das cultivares resultantes da parceria

O aprimoramento da Embrapa e de seus parceiros privados na promoção e posicionamento no mercado de sementes das cultivares resultantes da parceria é um ponto fundamental que precisa ser melhorado. Os experimentos de VCUs conduzidos pela Embrapa têm mostrado a superioridade das cultivares lançadas frente às cultivares mais utilizadas nas regiões de interesse, entretanto, muitas delas não chegam a ser internalizadas no mercado, por falta, de um programa de marketing adequado. Portanto, faz-se necessário a obrigatoriedade de os lançamentos de novas cultivares serem vinculados a um planejamento promocional elaborado por todos os parceiros.

Reforço e estabelecimento de novas redes experimentais de linhagens de soja entre os programas de melhoramento das parcerias

A formação ou ampliação de redes experimentais é extremamente benéfica e necessária, pois além de reforçar a missão da Embrapa na pesquisa, reduz os custos dos experimentos, amplia extraordinariamente a capacidade de teste, estreita o relacionamento técnico entre as parcerias e aumenta, sensivelmente, a credibilidade das tecnologias geradas. Esse tipo de ação já é praticada por algumas parcerias, com retornos bastante compensadores. Contudo, é necessário um maior esforço de convencimento e conscientização por parte das lideranças de ambos os parceiros, com relação aos benefícios da união dos programas por meio da rede experimental, tanto no aspecto da qualidade das cultivares geradas, como para o melhor posicionamento e comercialização.

Na Fig. 2, pode-se observar um exemplo do funcionamento e abrangência de uma rede experimental, estabelecida entre quatro diferentes programas de pesquisa em parceria com a Embrapa. Entre os inúmeros benefícios técnicos e econômicos de cada programa de pesquisa, merece atenção a abrangência com que cada genótipo é testado. Isso pressupõe que serão selecionados materiais de ampla adaptabilidade e de elevada estabilidade, resultando, portanto, em maiores e mais estáveis produtividades para os produtores de

grãos, além de uma melhor comercialização para os produtores de sementes e menor custo de produção das lavouras, devido a maior oferta das cultivares. Um resultado prático e recente dessa mesma rede foi a seleção e o lançamento das cultivares transgênicas mais plantadas, atualmente, no Brasil, BRS Valiosa RR e BRS Favorita RR. Hoje, elas são comercializadas pela grande maioria dos parceiros e em quase todas as parcerias localizadas na região tropical do Brasil.

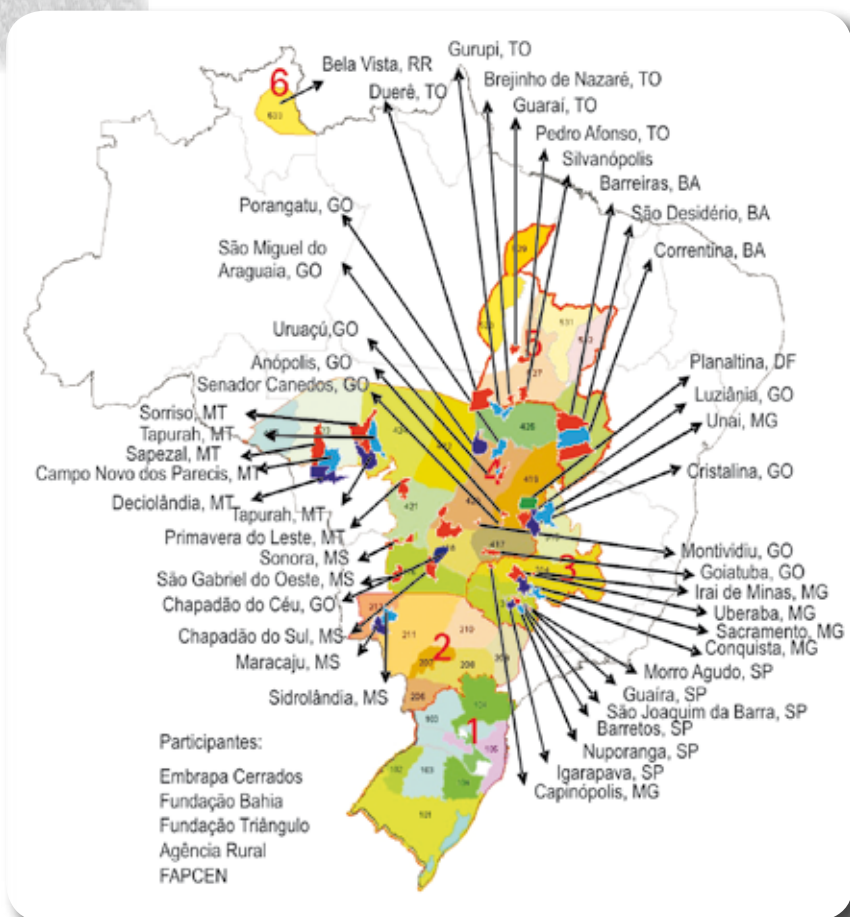


Fig. 2. Pontos de teste da rede experimental das Regiões Central e Norte Nordeste no ano agrícola 2005/2006.

Fonte: Plínio Souza e Sergio Abud (Embrapa Cerrados).

Outros aspectos também de grande importância e que devem ser considerados para um melhor e mais estável andamento das parcerias: necessidade de acompanhamento técnico e administrativo mais eficiente em cada parceria, tais como, visitas de campo e reuniões técnicas; maior agilidade na elaboração e assinaturas de contratos e aditivos; maior apoio aos gestores/executores da Embrapa que atuam na linha de frente das ações de pesquisa; estabelecimento de normas legais para o fiel cumprimento do Plano Anual de Trabalho, pois dele depende o êxito da execução do programa de pesquisa; conscientização dos parceiros das verdadeiras funções de cada ator na parceria; evitar interferências e (ou) redirecionamento por parte dos produtores, nas diretrizes e ações de pesquisa estrategicamente definidas e previamente acordadas.

Considerações Finais

Muitas evidências levam a crer que, com as regulamentações das leis de Propriedade Intelectual e de Proteção de Cultivares e a aprovação das Leis de Parcerias Público-Privadas e, em especial, de Inovação Tecnológica, iniciou-se uma nova era nas instituições públicas de pesquisa, em que, parcerias com empresas privadas não serão mais discriminadas, mas incentivadas, revertendo-se a atual situação (DE CARLI, 2005).

Por sua vez, entende-se que a parceria público-privada não é a solução definitiva para a escassez de recursos públicos para a pesquisa agropecuária, verificada atualmente, mas, sem dúvidas, é um instrumento bastante poderoso para a alocação de recursos da iniciativa privada nas instituições públicas, com benefícios para toda a sociedade.

Ficou claro no transcorrer deste trabalho, a vital importância de medidas que visem a corrigir e a aprimorar o sistema de funcionamento das parcerias da Embrapa com a iniciativa privada na cultura da soja, em especial, em relação ao cumprimento dos compromissos assumidos nos PATs e contratos; melhoria de gestão; acompanhamento técnico-administrativo; pesquisas em rede; relacionamento e aproximação dos programas de pesquisa; posicionamento e marketing das cultivares geradas e vários outros aspectos de relevância já mencionados anteriormente.

Ao pensar em soberania nacional e desenvolvimento do agronegócio da soja no Brasil, a participação da Embrapa no setor de geração de cultivares de soja é fundamental pela capacidade técnica, funcionando como um ponto de equilíbrio e segurança para o

Brasil, fortalecendo e mantendo competitivo o sistema nacional de produção de sementes, cumprindo sua missão junto à sociedade brasileira.

Referências

DE CARLI, C. R. **Embrapa**: precursora da parceria público-privada no Brasil. 2005. 166 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília.

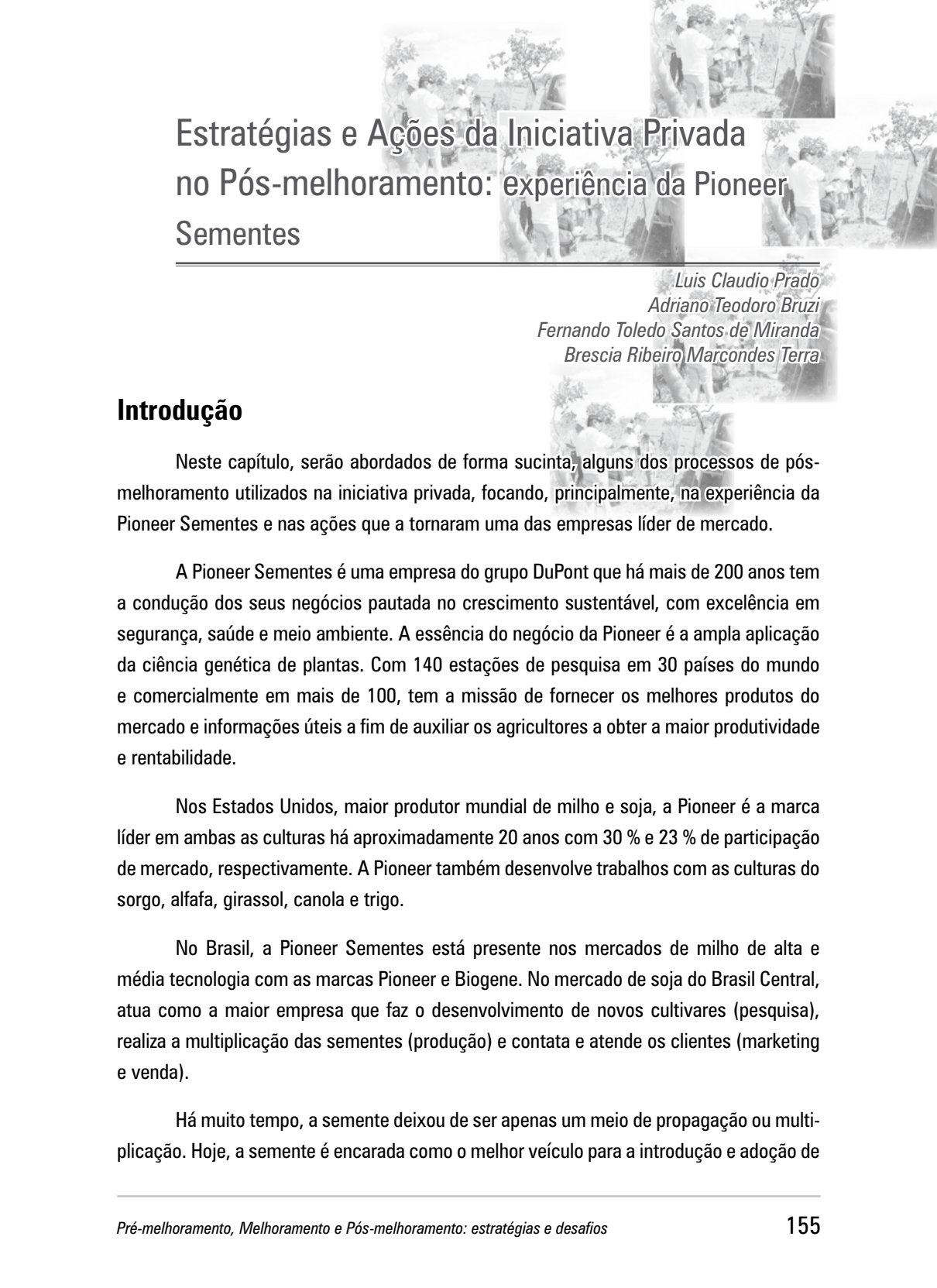
REUNIÃO DE AVALIAÇÃO GERAL DAS PARCERIAS, 2005, Londrina. **Memória...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. Disponível apenas para os participantes.

SOUZA, P. I. M.; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; SILVA, S. A. da; SILVA, N. S.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. A conquista do Cerrado pela soja. In: FALEIRO, F. G.; SOUSA, E. S. (Ed.). **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 129-138.

TOLEDO, J. F. F.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.; MIRANDA, L. C.; ARIAS, C. A. A.; Parcerias para o desenvolvimento de pesquisa em melhoramento no Brasil: o exemplo da soja. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento - plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 1161-1169.



ESTRATÉGIAS E AÇÕES DA INICIATIVA PRIVADA NO PÓS- MELHORAMENTO: EXPERIÊNCIA DA PIONEER SEMENTES

A collage of several black and white photographs showing people working in agricultural fields, likely engaged in planting or maintenance activities. The images are arranged in a grid-like pattern, with some overlapping.

Estratégias e Ações da Iniciativa Privada no Pós-melhoramento: experiência da Pioneer Sementes

*Luis Claudio Prado
Adriano Teodoro Bruzi
Fernando Toledo Santos de Miranda
Brescia Ribeiro Marcondes Terra*

Introdução

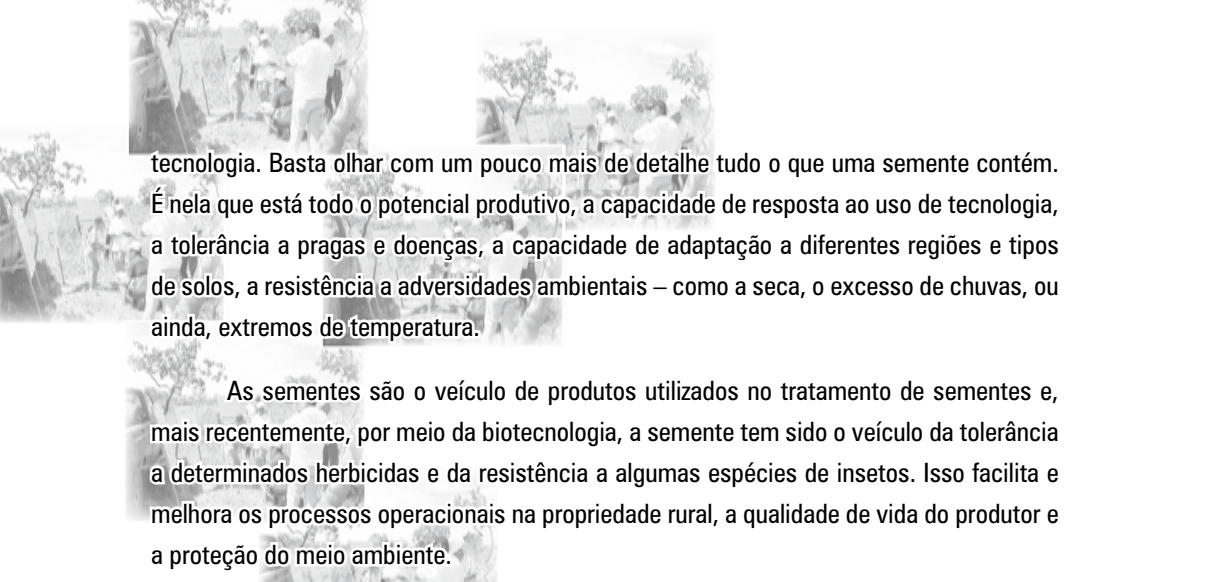
Neste capítulo, serão abordados de forma sucinta, alguns dos processos de pós-melhoramento utilizados na iniciativa privada, focando, principalmente, na experiência da Pioneer Sementes e nas ações que a tornaram uma das empresas líder de mercado.

A Pioneer Sementes é uma empresa do grupo DuPont que há mais de 200 anos tem a condução dos seus negócios pautada no crescimento sustentável, com excelência em segurança, saúde e meio ambiente. A essência do negócio da Pioneer é a ampla aplicação da ciência genética de plantas. Com 140 estações de pesquisa em 30 países do mundo e comercialmente em mais de 100, tem a missão de fornecer os melhores produtos do mercado e informações úteis a fim de auxiliar os agricultores a obter a maior produtividade e rentabilidade.

Nos Estados Unidos, maior produtor mundial de milho e soja, a Pioneer é a marca líder em ambas as culturas há aproximadamente 20 anos com 30 % e 23 % de participação de mercado, respectivamente. A Pioneer também desenvolve trabalhos com as culturas do sorgo, alfafa, girassol, canola e trigo.

No Brasil, a Pioneer Sementes está presente nos mercados de milho de alta e média tecnologia com as marcas Pioneer e Biogene. No mercado de soja do Brasil Central, atua como a maior empresa que faz o desenvolvimento de novos cultivares (pesquisa), realiza a multiplicação das sementes (produção) e contata e atende os clientes (marketing e venda).

Há muito tempo, a semente deixou de ser apenas um meio de propagação ou multiplicação. Hoje, a semente é encarada como o melhor veículo para a introdução e adoção de



tecnologia. Basta olhar com um pouco mais de detalhe tudo o que uma semente contém. É nela que está todo o potencial produtivo, a capacidade de resposta ao uso de tecnologia, a tolerância a pragas e doenças, a capacidade de adaptação a diferentes regiões e tipos de solos, a resistência a adversidades ambientais – como a seca, o excesso de chuvas, ou ainda, extremos de temperatura.

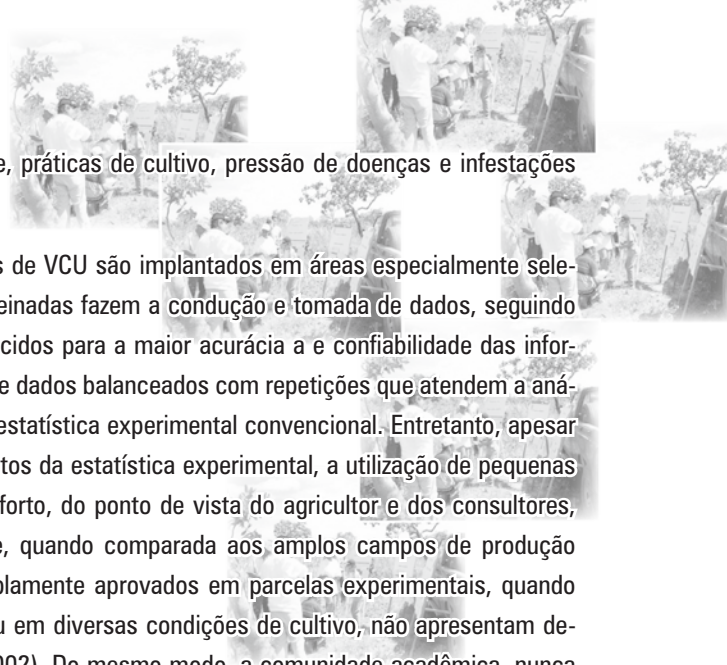
As sementes são o veículo de produtos utilizados no tratamento de sementes e, mais recentemente, por meio da biotecnologia, a semente tem sido o veículo da tolerância a determinados herbicidas e da resistência a algumas espécies de insetos. Isso facilita e melhora os processos operacionais na propriedade rural, a qualidade de vida do produtor e a proteção do meio ambiente.

No processo de pós-melhoramento da Pioneer Sementes, podemos distinguir, pelo menos, três fases bem distintas. A primeira trata-se do conhecimento minucioso do comportamento de cada cultivar ou híbrido em cada ambiente passível de cultivo, recomendação ou venda. A segunda trata do processo de produção de sementes, garantindo excelência na qualidade genética, física e fisiológica. Por último, e não menos importante, são as ações de marketing e vendas para que o conhecimento, a tecnologia e o produto superior alcancem os produtores.

Caracterização e Avaliação do Potencial Produtivo

Os programas de melhoramento entre as diversas empresas, sejam elas públicas ou privadas, são muito parecidos entre si. Todos iniciam com o desenvolvimento de populações por meio de cruzamentos. O processo de seleção inicial dos melhores indivíduos é caracterizado por grande número de progênies testadas em reduzido número de ambientes. Por fim, nas etapas finais de seleção e pré-lançamento, os ensaios são constituídos por número bastante reduzido de linhas experimentais avaliadas em muitos locais, abrangendo uma ampla área geográfica ou os ambientes-alvos.

Regimentalmente, os resultados de, no mínimo, dois anos dos testes finais ou ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) são utilizados para registro e recomendação de novos produtos (BRASIL, 1997). Esses testes oferecem informações aos pesquisadores sobre a capacidade adaptativa e produtividade dos materiais experimentais submetidos a variadas combinações de tipos diferentes de solos, fotoperíodos, insolação, regimes de chuva e de



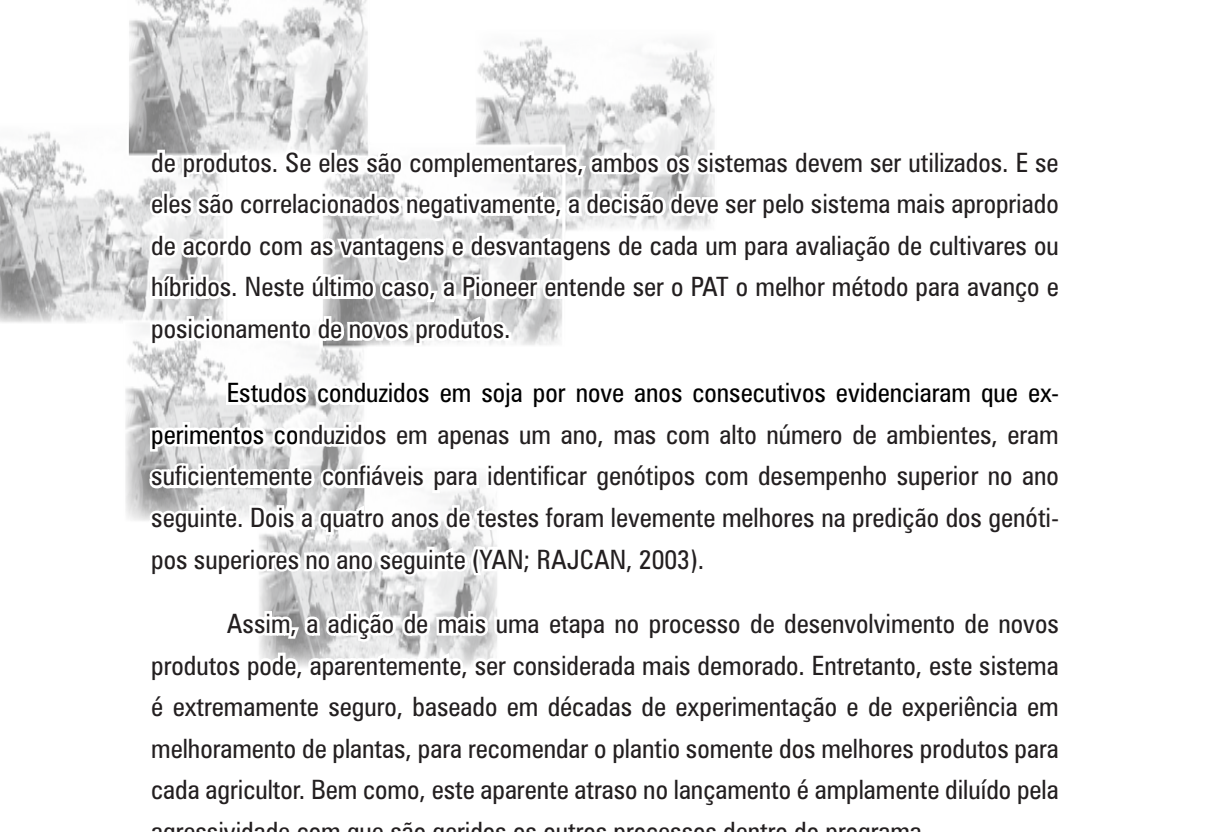
temperatura, níveis de fertilidade, práticas de cultivo, pressão de doenças e infestações de pragas.

Normalmente, os ensaios de VCU são implantados em áreas especialmente selecionadas, pessoas muito bem treinadas fazem a condução e tomada de dados, seguindo protocolos previamente estabelecidos para a maior acurácia e confiabilidade das informações. Os resultados provêm de dados balanceados com repetições que atendem a análises de dados com técnicas de estatística experimental convencional. Entretanto, apesar de atender a todos os pressupostos da estatística experimental, a utilização de pequenas parcelas sempre causou desconforto, do ponto de vista do agricultor e dos consultores, quanto à sua representatividade, quando comparada aos amplos campos de produção comercial. Muitos produtos amplamente aprovados em parcelas experimentais, quando cultivados em áreas extensas ou em diversas condições de cultivo, não apresentam desempenho similar (YAN et al., 2002). Do mesmo modo, a comunidade acadêmica, nunca viu com bons olhos os testes em faixas realizados nas propriedades agrícolas.

No sistema Pioneer, os novos materiais genéticos finamente selecionados e aprovados pela pesquisa nos ensaios de VCU ainda não estão prontos para serem lançados comercialmente. Para melhor selecionar e posicionar os novos produtos para um máximo de desempenho e sucesso dos clientes, os pesquisadores, o departamento técnico e a equipe de vendas avaliam conjuntamente esses novos produtos numa rede de ensaios de Ensaio de Avanço de Produtos (PAT), em fazendas, confrontando com os melhores produtos comerciais, por até mais dois anos.

Os ensaios de PAT, também chamados de lado-a-lado, são avaliados pela pesquisa, departamento de tecnologia, gerências e representantes de vendas. Caracterizam-se por parcelas de tamanho variado, mas centenas de vezes maiores que parcelas experimentais, e conduzidos em número de ambientes testados de até dez vezes superior ao número de locais de VCU. Somente os materiais aprovados nos ensaios de PAT serão avançados como novos produtos comerciais, recebendo denominação definitiva, vindo a fazer parte do catálogo de produtos Pioneer.

Segundo Yan et al., 2002, desde que haja um número adequado de PATs, os resultados desse tipo de experimento são, no mínimo, similares ou superiores aos dados obtidos por experimentos convencionais. Se os dados dos ensaios convencionais e de PAT apresentam alta correlação, qualquer um dos dois sistemas é suficiente para avanço



de produtos. Se eles são complementares, ambos os sistemas devem ser utilizados. E se eles são correlacionados negativamente, a decisão deve ser pelo sistema mais apropriado de acordo com as vantagens e desvantagens de cada um para avaliação de cultivares ou híbridos. Neste último caso, a Pioneer entende ser o PAT o melhor método para avanço e posicionamento de novos produtos.

Estudos conduzidos em soja por nove anos consecutivos evidenciaram que experimentos conduzidos em apenas um ano, mas com alto número de ambientes, eram suficientemente confiáveis para identificar genótipos com desempenho superior no ano seguinte. Dois a quatro anos de testes foram levemente melhores na predição dos genótipos superiores no ano seguinte (YAN; RAJCAN, 2003).

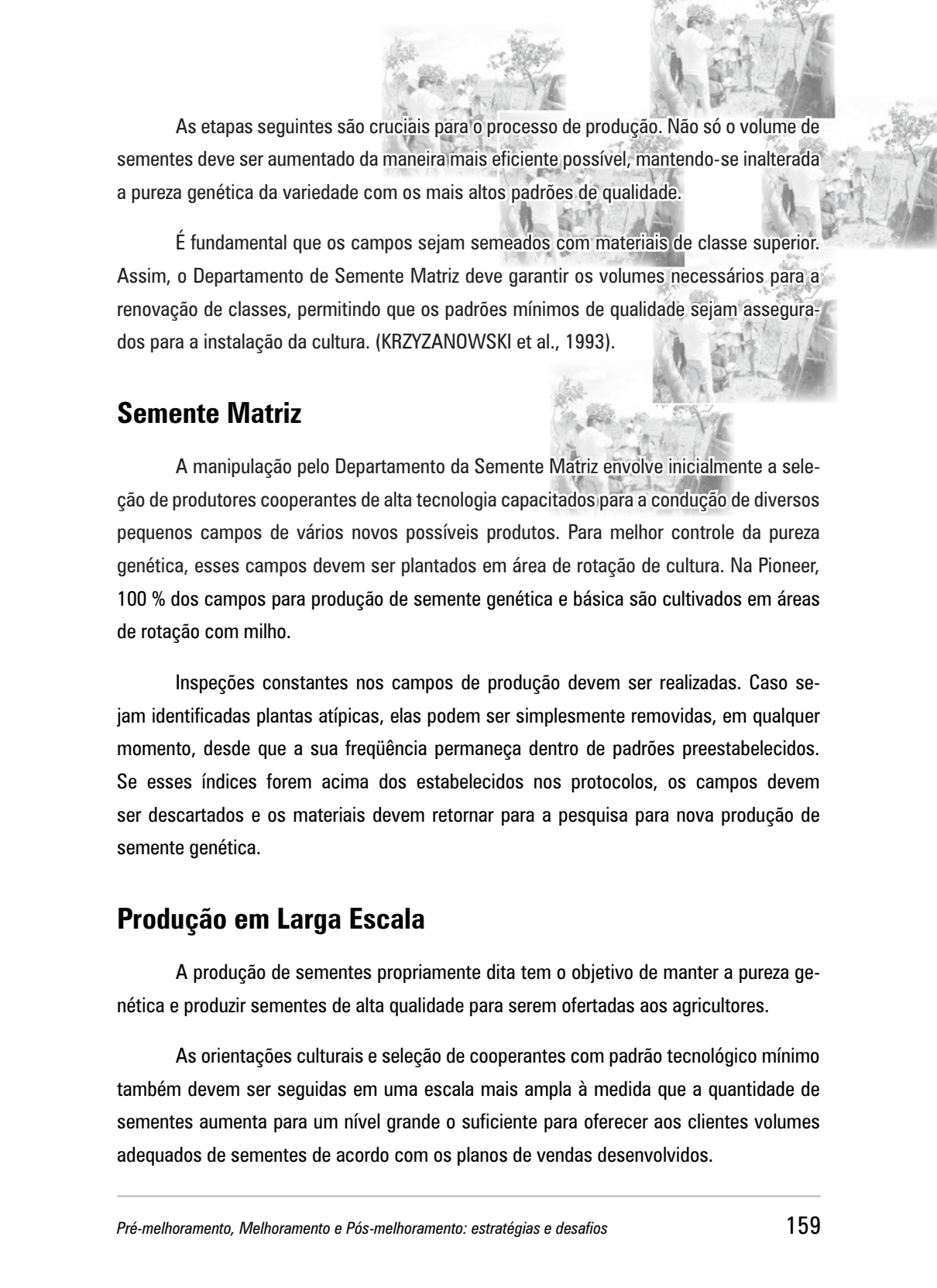
Assim, a adição de mais uma etapa no processo de desenvolvimento de novos produtos pode, aparentemente, ser considerada mais demorado. Entretanto, este sistema é extremamente seguro, baseado em décadas de experimentação e de experiência em melhoramento de plantas, para recomendar o plantio somente dos melhores produtos para cada agricultor. Bem como, este aparente atraso no lançamento é amplamente diluído pela agressividade com que são geridos os outros processos dentro do programa.

Produção de Sementes

A segunda fase do processo de pós-melhoramento trata-se dos processos de produção de sementes e de qualidade. Este processo é iniciado alguns anos antes. Antecipando-se ao lançamento comercial futuro, os pesquisadores selecionam plantas das linhagens para fins de purificação. A seleção e a purificação continuam até que os pesquisadores produzam uma pequena quantidade de “semente genética” e, então, transfira para a divisão da Semente Básica ou Matriz que tem o objetivo de ampliar sua escala.

A Transferência da Pesquisa

É responsabilidade do Departamento de Semente Básica ou Semente Matriz receber a semente genética da pesquisa e fazer a primeira multiplicação. A manutenção da pureza genética e a garantia da qualidade física e fisiológica são as metas principais deste departamento.



As etapas seguintes são cruciais para o processo de produção. Não só o volume de sementes deve ser aumentado da maneira mais eficiente possível, mantendo-se inalterada a pureza genética da variedade com os mais altos padrões de qualidade.

É fundamental que os campos sejam semeados com materiais de classe superior. Assim, o Departamento de Semente Matriz deve garantir os volumes necessários para a renovação de classes, permitindo que os padrões mínimos de qualidade sejam assegurados para a instalação da cultura. (KRZYZANOWSKI et al., 1993).

Semente Matriz

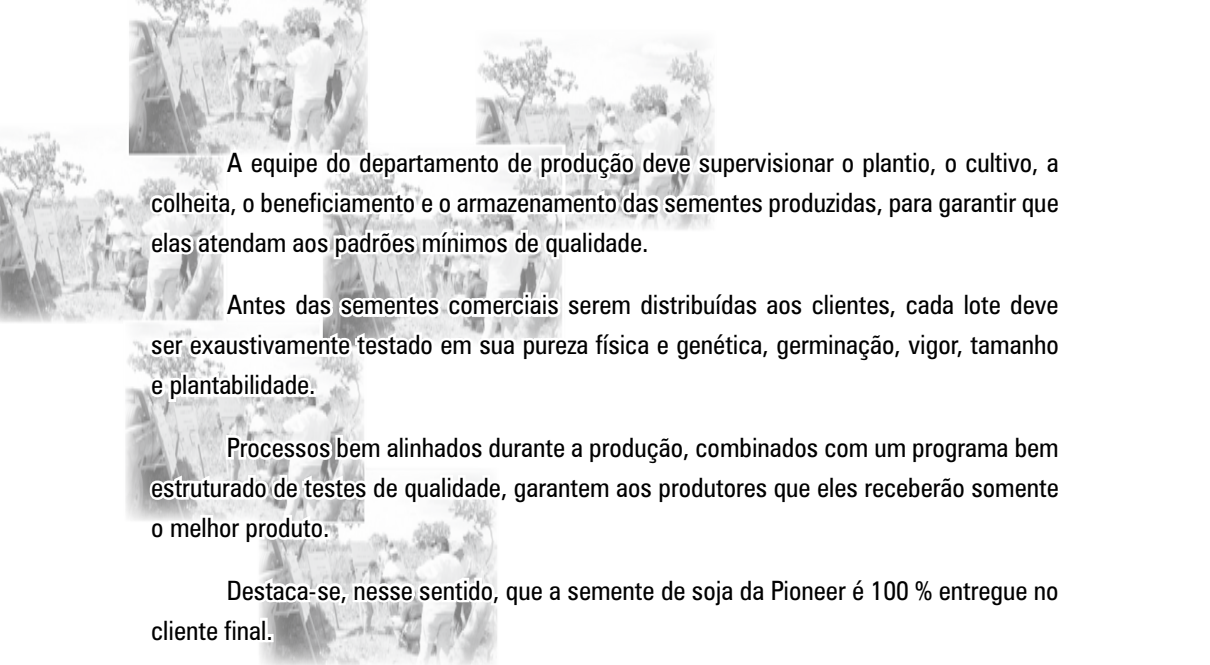
A manipulação pelo Departamento da Semente Matriz envolve inicialmente a seleção de produtores cooperantes de alta tecnologia capacitados para a condução de diversos pequenos campos de vários novos possíveis produtos. Para melhor controle da pureza genética, esses campos devem ser plantados em área de rotação de cultura. Na Pioneer, 100 % dos campos para produção de semente genética e básica são cultivados em áreas de rotação com milho.

Inspeções constantes nos campos de produção devem ser realizadas. Caso sejam identificadas plantas atípicas, elas podem ser simplesmente removidas, em qualquer momento, desde que a sua frequência permaneça dentro de padrões preestabelecidos. Se esses índices forem acima dos estabelecidos nos protocolos, os campos devem ser descartados e os materiais devem retornar para a pesquisa para nova produção de semente genética.

Produção em Larga Escala

A produção de sementes propriamente dita tem o objetivo de manter a pureza genética e produzir sementes de alta qualidade para serem ofertadas aos agricultores.

As orientações culturais e seleção de cooperantes com padrão tecnológico mínimo também devem ser seguidas em uma escala mais ampla à medida que a quantidade de sementes aumenta para um nível grande o suficiente para oferecer aos clientes volumes adequados de sementes de acordo com os planos de vendas desenvolvidos.



A equipe do departamento de produção deve supervisionar o plantio, o cultivo, a colheita, o beneficiamento e o armazenamento das sementes produzidas, para garantir que elas atendam aos padrões mínimos de qualidade.

Antes das sementes comerciais serem distribuídas aos clientes, cada lote deve ser exaustivamente testado em sua pureza física e genética, germinação, vigor, tamanho e plantabilidade.

Processos bem alinhados durante a produção, combinados com um programa bem estruturado de testes de qualidade, garantem aos produtores que eles receberão somente o melhor produto.

Destaca-se, nesse sentido, que a semente de soja da Pioneer é 100 % entregue no cliente final.

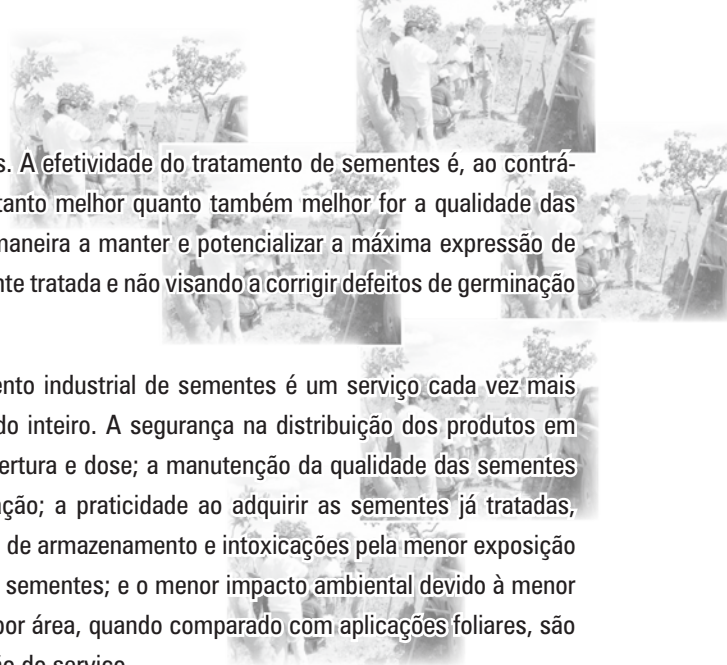
Qualidade de Sementes e Tratamento Industrial

Qualidade segue o conceito de processo, que envolve várias etapas – desde a seleção de produtores cooperantes, locais para a produção de sementes, cuidados com o plantio e com a colheita, passando pelas várias etapas do beneficiamento, armazenamento até a entrega dos seus produtos.

Ter um rígido controle de todas essas etapas garante sementes com qualidade superior aos padrões mínimos estabelecidos pela legislação, o que permite melhor estabelecimento da cultura com lavouras mais uniformes, melhor suporte de condições adversas iniciais e, até, melhor produtividade.

Atualmente, o uso cada vez mais intenso das áreas e instabilidade das condições climáticas durante a estação de cultivo das culturas tem provocado um aumento significativo na ocorrência de pragas, principalmente durante as fases iniciais de desenvolvimento. Isso compromete o estande da lavoura tendo em vista o maior número de falhas e plantas dominadas, podendo reduzir a produtividade.

Para essas situações, o tratamento de sementes não melhora as características genética, física ou fisiológica das sementes, mas surge como uma excelente alternativa, auxiliando no controle de pragas e assegurando o principal componente do rendimento da lavoura, que é o número de plantas por hectare, por meio do menor número de falhas



e maior uniformidade das plantas. A efetividade do tratamento de sementes é, ao contrário do que diz o senso comum, tanto melhor quanto também melhor for a qualidade das semente. Deve ser utilizada de maneira a manter e potencializar a máxima expressão de genética e de qualidade da semente tratada e não visando a corrigir defeitos de germinação e vigor da semente.

Esse contexto, o tratamento industrial de sementes é um serviço cada vez mais adotado por produtores do mundo inteiro. A segurança na distribuição dos produtos em cada semente, assegurando cobertura e dose; a manutenção da qualidade das sementes com relação ao vigor e germinação; a praticidade ao adquirir as sementes já tratadas, minimizando os potenciais riscos de armazenamento e intoxicações pela menor exposição aos produtos para tratamento de sementes; e o menor impacto ambiental devido à menor quantidade de ingrediente ativo por área, quando comparado com aplicações foliares, são algumas das razões para a adoção do serviço.

Marketing e Vendas

Para finalizar, ressalte-se a última etapa no processo de pós-melhoramento – as ações de marketing e vendas. Tão importante quanto o desenvolvimento de um novo produto ou a sua produção com alta qualidade e eficiência são as ações tomadas para que o conhecimento, a tecnologia agregada e o produto superior alcancem os produtores.

Diversas técnicas de comunicação com o mercado são largamente utilizadas pelas empresas privadas. As ferramentas tradicionais de comunicação mais utilizadas são o rádio, os anúncios em revistas especializadas e jornais de cooperativas. Entretanto, a efetividade da comunicação vai além de mostrar os benefícios do plantio de determinados produtos. Passa também pela difusão de novas tecnologias de manejo que auxiliem os produtores a aumentar a sua rentabilidade. Aqui, será destacada a experiência da Pioneer Sementes.

Hoje, a Pioneer possui uma linha de publicações técnicas distribuída para aproximadamente 145 mil contatos, entre clientes, não-clientes e assistência técnica. A tiragem dos materiais técnicos elaborados pela empresa é superior à tiragem das principais revistas especializadas do setor agrícola. Ademais, a empresa realiza altos investimentos em eventos destinados a públicos segmentados.



Encontros de Difusores de Tecnologia

Todos os anos, a Pioneer promove os Encontros de Difusores de Tecnologias, com o objetivo de levar informações sobre as mais modernas práticas de manejo para consultores e produtores. Os Encontros de Difusores de Tecnologia consistem em dois dias de palestras técnicas, em que são abordadas novas tecnologias e práticas de manejo de milho e soja que podem auxiliar o produtor a produzir cada vez mais e melhor. No ano de 2008, foram realizados 11 encontros destinados à safra de verão e 2 eventos destinados à safrinha, que reuniram mais de 3 mil produtores e técnicos em todo o Brasil.

Geração após Geração


Os eventos Geração após Geração são destinados aos filhos e filhas de produtores rurais, que estão assumindo a propriedade. Esses jovens, na maioria dos casos, estão se especializando em cursos como Agronomia e Veterinária, e irão assumir os negócios da família. Com o objetivo de levar aos jovens informações sobre técnicas de administração rural, contabilidade, tributação rural, legislação trabalhista e do meio ambiente, entre outros, a Pioneer criou os eventos Geração após Geração. O objetivo é levar ao público jovem informações que sejam úteis no gerenciamento da propriedade rural, para que possam aliar esses conhecimentos aos conhecimentos técnicos e de manejo de campo, e à experiência de seus pais.

Times de Avanço de Produtos

Os Times de Avanço de Produtos são eventos destinados a produtores e consultores. Nos Times de Avanço de Produtos, os participantes têm a oportunidade de interagir com várias áreas da empresa (pesquisa, vendas e área técnica), avaliando no campo, produtos comerciais e pré-comerciais. O conhecimento dos produtos em diferentes locais auxilia os produtores e técnicos a obter mais conhecimentos sobre o comportamento dos híbridos.

Concurso de Produtividade para o Desenvolvimento da Safrinha

Como uma forma de demonstrar os benefícios da adoção de tecnologias no manejo da cultura do milho no período da safrinha (período tipicamente de menor investimento) e



demonstrar a superioridade genética de seus produtos, a Pioneer promove todos os anos um concurso de produtividade. O prêmio é uma visita à matriz da Pioneer nos Estados Unidos.

Visitas Técnicas

Todos os anos, a Pioneer promove visitas de grupos de clientes e agrônomos às suas unidades de beneficiamento de sementes. Assim, além de aumentar o relacionamento com esses públicos, a empresa pode demonstrar seu diferencial na produção de sementes de alta qualidade.

A Pioneer é a maior empresa do setor de sementes que possui atuação direta no cliente final. Além das ações de marketing realizadas, a força de vendas fornece assistência técnica no campo, o que é mais um diferencial da empresa no atendimento aos seus clientes.

Considerações Finais

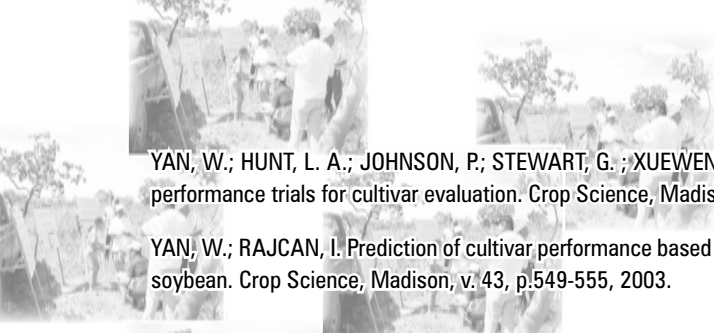
Os novos produtos comerciais são o resultado de anos de pesquisa e desenvolvimento e colocam à disposição dos agricultores uma gama de ferramentas, genéticas, fitotecnias oriundas de informação, as quais os auxiliam a buscar o máximo retorno para cada hectare plantado.

É tarefa fundamental das empresas a distribuição responsável de produtos e serviços que aumentem a capacidade dos produtores de ampliar a qualidade e a quantidade do fornecimento de alimentos no mundo, por meio de ações orquestradas de pesquisa, de desenvolvimento, de produção, de marketing e de vendas. Ao fazer isso, compromete-se com a preservação do meio ambiente e o respeito às pessoas.

Referências


BRASIL. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 26 abr. 1997. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9456.htm>. Acesso em: 13 nov. 2008.

KRZYZANOWSKI, F. C.; GILIOI, J. L.; MIRANDA, L. C. Produção de sementes nos Cerrados. In: ARANTES, N. E.; SOUZA; P. I. M. de (Ed.). Cultura de soja nos Cerrados. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 465-522.



YAN, W.; HUNT, L. A.; JOHNSON, P.; STEWART, G. ; XUEWEN LU. On-farm strip trials vs. replicated performance trials for cultivar evaluation. *Crop Science, Madison*, v. 42, p. 385-392, 2002.

YAN, W.; RAJCAN, I. Prediction of cultivar performance based on single versus multiple-year tests in soybean. *Crop Science, Madison*, v. 43, p.549-555, 2003.





**ABORDAGEM SOBRE
PROTEÇÃO E REGISTRO DE
CULTIVARES**

Abordagem sobre Proteção e Registro de Cultivares

Daniela de Moraes Aviani

Fabício Santana Santos

Izabela Mendes de Carvalho

Vera Lúcia dos Santos Machado

Luís Gustavo Asp Pacheco

Virgínia Arantes Ferreira Carpi

Aspectos Básicos das Normas Internacionais Relativas à Proteção de Cultivares

Em 1961, ocorreu a Convenção Internacional para a Proteção de Cultivares em Paris, que resultou na criação da União Internacional para a Proteção de Novas Variedades de Plantas (Upov). Trata-se de um acordo multilateral que determina normas comuns para o reconhecimento e a proteção da propriedade intelectual dos obtentores de novas variedades vegetais (UPOV, 1978). Esse marco regulatório deve ser seguido pelos países signatários ao estabelecerem os certificados de Proteção de Variedades de Plantas (PVP) nas legislações locais.

O acordo inicial de 1961 foi revisado pela Upov em 1972, 1978 e 1991. Atualmente, todos os 66 estados membros são signatários das Atas de 1978 ou 1991. Nas revisões da convenção, a proteção concedida aos obtentores aproximou-se progressivamente dos direitos patentários. A possibilidade de adesão à Ata de 1978 encerrou-se em abril de 1999. A partir de então, qualquer nova adesão a Upov deve subscrever os termos da Ata de 1991.

A proteção dos direitos de PVP da Ata de 1978 da Upov requer variedades distintas, homogêneas, uniformes e estáveis. Uma variedade distinta é aquela que, independentemente da variação inicial (artificial ou natural) que a originou, é claramente distinguível, por uma ou mais características importantes, de qualquer outra variedade, cuja existência seja de conhecimento comum no momento do pedido de proteção. A variedade homogênea ou uniforme é aquela suficientemente homogênea, levando-se em conta as características particulares de sua reprodução sexual ou propagação vegetativa. Ou seja, todas as plantas dessa variedade devem ter características similares.

Variedade estável significa a manutenção de suas características essenciais, depois de reproduções ou propagações sucessivas. (UPOV, 1978, art. 6). Na Ata de 1991, uma variedade só pode ser considerada nova se, na data do pedido de direito do obtentores num dado país, o material de propagação ou de colheita não foi vendido ou disponibilizado para outros, no território deste país há mais de um ano, ou em qualquer outro país há mais de quatro anos ou, no caso de árvores e vinhas, há mais de seis anos da data do pedido. (UPOV, 1991, art. 6).

Em todas as versões de Atas de Upov o direito do obtentor não se aplica à utilização da cultivar para fins de pesquisa, inclusive como fonte inicial de variação para criar novas variedades, o que constitui a isenção do obtentor. (UPOV, 1978, art. 5). Foi garantido também que o agricultor pudesse estocar grãos da colheita para o plantio próprio na safra seguinte, que é o privilégio do agricultor. Outra característica da convenção era a proibição de que os países adotassem a dupla proteção da variedade por direitos de melhorista e por patenteamento. (UPOV, 1978, art. 2). Há também o direito dos Estados de excluir certas espécies de qualquer forma de proteção, segundo os interesses nacionais específicos.

Na revisão da convenção que resultou na Ata de 1991, os direitos dos melhoristas são ampliados de forma expressiva, enquanto que na Ata de 1978 estavam restritos à multiplicação e comercialização do material propagativo (semente ou muda). Na Ata de 1991, esses direitos contemplam os seguintes aspectos:

- 1) O material obtido na colheita (a planta inteira ou suas partes).
- 2) Os produtos elaborados diretamente dos materiais obtidos com a colheita das variedades protegidas, como o óleo de soja ou de milho.
- 3) Outros decretos a serem definidos contratualmente pelas partes.
- 4) Novas variedades essencialmente derivadas de outras, protegidas ou não claramente distinguíveis das protegidas e variedades cuja produção requer o uso repetido de uma protegida.

A variedade é considerada essencialmente derivada de outra (variedade inicial) quando: (1) é predominantemente derivada da inicial ou de uma variedade que é predominantemente derivada de uma inicial quando retém a expressão do genótipo ou combina-

ção de genótipos da variedade inicial; (2) é claramente distinguível da variedade inicial; e (3) exceto pelas diferenças que resultam do processo de derivação, conforma-se com a variedade inicial na expressão das características essenciais que resultam do genótipo ou da combinação de genótipos da variedade inicial (UPOV, 1991, art. 14).

Na Ata de 1991, o prazo de validade dos direitos do obtentor não deve ser menor do que 25 anos para árvores e videiras, e foi estendido de 15 para 20 anos no caso de variedades das demais espécies. Em nenhuma das Atas há a exigência de garantia ao direito do agricultor, que permite que seja guardada parte da colheita para uso como semente na próxima safra, mas a Ata de 1991 explicita a possibilidade de que qualquer país membro admita esse direito. Entretanto, se o país decidir manter o privilégio do agricultor, deve resguardar também o do melhorista (UPOV, 1991, art. 15). Admite-se também a coexistência de dois ou mais sistemas de proteção, como o direito de obtentor e patenteamento, desde que não recaiam sobre a mesma cultivar. Ao eliminar o artigo da convenção que vetava a dupla proteção, a exclusividade do PVP para as obtenções vegetais desaparece.

O Acordo Trips foi consolidado no âmbito da Organização Mundial do Comércio, no Anexo 1C de seu Acordo Constitutivo. Esse acordo estipulou uma proteção mínima da propriedade intelectual mundialmente, buscando uma harmonização do nível de proteção em todos os membros e garantindo essa proteção mediante procedimentos judiciais predeterminados que sejam ágeis e efetivos (PIMENTEL; DEL NERO, 2002). O referido Acordo, em suas exigências, não entra em conflito com as disposições previstas nas Atas da UPOV. Em seu texto, entre outras disposições, o Trips determina que haja a proteção das variedades vegetais, seja mediante patentes, seja mediante um regime *sui generis* (TRIPS, 2008, art. 27), ou por ambos os regimes. Entretanto, ele permite explicitamente a exclusão da patenteabilidade de plantas, pelos membros, em suas normas internas, de forma a permitir a possibilidade de proteção por apenas um regime *sui generis* (CORREA, 2000). Em linhas gerais, essas são as principais disposições dessas normativas internacionais no que tange às formas de proteção de plantas pelos tratados internacionais referidos neste estudo.

Na Tabela 1 encontram-se as principais características de cada disposição.

Tabela 1. Principais características das disposições normativas internacionais.

Categoria	Upov/1978	Upov/1991	TRIPS
Gêneros e espécies protegidas	Gêneros e espécies escolhidas pelo país.	Obrigatoriedade de proteção de todos os gêneros e espécies vegetais.	Todas as espécies de plantas e tecnologias adequadas.
Requisitos para concessão	Nova (tempo de comercialização); distinta; homogênea; estável; denominação própria. Descrição completa.	Nova (tempo de comercialização); distinta; homogênea; estável; denominação própria. Descrição completa.	Nova; atividade inventiva; aplicação industrial. Suficiência descritiva.
Direitos conferidos	Proibir (material multiplicação): a) Produção para fins comerciais. b) Oferecer à venda. c) Qualquer comercialização.	Proibir (material multiplicação): a) Produção ou reprodução. b) Acondicionar para fins de reprodução. c) Oferecer à venda. d) Qualquer comercialização. e) Exportação e importação. f) Detenção para fins comerciais. g) Produto da colheita ou derivado deste, em caso de violação do material de multiplicação.	Proibir (todo): a) Uso de produto e ou processo patenteado, extensivo para material colhido. b) Produzir ou usar. c) Oferecer à venda d) Comercializar. e) Importar.
Duração da proteção	Não inferior a 15 anos, para as espécies em geral, e a 18 anos para árvores e videiras, a partir da concessão do direito do obtentor.	Não inferior a 20 anos, para as espécies em geral, e inferior a 25 anos para árvores e videiras, a partir da concessão do direito do obtentor.	Não inferior a 20 anos da data do depósito.

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Categoria	Upov/1978	Upov/1991	TRIPS
Cultivares derivadas	Não há previsão	Proteção de uma cultivar essencialmente derivada.	Não há previsão
Dupla proteção	Não menciona	Não menciona	Permite – <i>sui generis</i> e patente.
Exceções aos direitos dos obtentores	A autorização não é necessária para: a) Utilização da cultivar como fonte inicial de variação com finalidade de criar outras cultivares. b) Comercialização destas.	Restrição ao direito do obtentor: a) Atos de caráter privado, sem fins comerciais. b) Atos praticados a título experimental. c) Atos praticados com a finalidade de criar cultivares.	Não trata expressamente
Exaustão dos direitos	Não trata expressamente	a) Material de reprodução ou multiplicação da cultivar. b) Exportação do material da cultivar que permita sua reprodução para um país que não proteja essa cultivar, exceto para consumo final.	Não trata expressamente
Restrições ao exercício do direito	Interesse público	Interesse público	Licença compulsória

Fonte: Elaborado com base em Bruch (2006) e Bruch e Zibetti (2006).

Marco Regulador no Brasil

Histórico

A regulamentação da propriedade intelectual tem sido discutida desde 1945, quando da edição do Código de Propriedade Industrial – que previa concessão de privilégios a variedades novas de plantas –, mas esse dispositivo, dependia de regulamentação espe-

cial. Entretanto, a matéria nunca foi regulamentada. A partir daí, várias tentativas foram realizadas para instituir uma forma de regulamentação da propriedade intelectual para as cultivares no Brasil. O primeiro projeto, que tentou regulamentar essa proteção, foi o apresentado ao Congresso Nacional em 1947, sob o nº 952, que tinha como objetivo tornar extensivas as garantias da lei de propriedade industrial às invenções, criações ou introduções novas, obtidas ou realizadas no domínio agrícola (DEL NERO, 1998).

No início de 1970, a Associação Brasileira dos Produtores de Sementes (Abrasem) criou uma comissão composta por entidades produtoras de sementes, secretarias de agricultura, melhoristas independentes entre outros órgãos ligados ao assunto, com o objetivo de fornecer dados ao Ministério da Agricultura, para aprimorar o Projeto da Lei de Proteção de Cultivares. Novamente, em 1976, houve outra tentativa de regulamentar o Código de Propriedade Industrial de 1945, por intermédio do Projeto de Lei 3.072/1976, o qual visava a ampliar a proteção “das empresas industriais que se dedicam à produção de sementes agrícolas e florestais”.

Em 1977, outro Projeto de Lei, sob o nº 3.674/1977, também tentou regular tal código com uma proposta de um dispositivo para garantir que “os processos destinados à obtenção ou modificação de sementes não constituirão invenção privilegiada”. Com esses Projetos de Lei apresentados, tentava-se proteger a propriedade intelectual da cultivar por meio do sistema de patentes. Mas em 1978, ambos os projetos foram derrubados e o debate sobre o patenteamento ou a proteção da propriedade intelectual de cultivares ficou fora de cogitação no congresso.

A partir da discussão do Projeto nº 824/1991, que originou o novo Código de Propriedade Industrial, a propriedade intelectual dos cultivares ganhou novamente espaço no Congresso Nacional. Nesse mesmo período, a Embrapa, paralelamente, realizou um estudo específico sobre a proteção de cultivares, que foi usado como referência para a elaboração de um novo anteprojeto, o de nº 199/1995, o qual foi apreciado em 1996. Sua numeração foi alterada para 1.457/1996, convertida posteriormente em lei, com o nº 9.456, de 25 de abril de 1997, que instituiu a proteção de cultivares.

A referida lei foi regulamentada no dia 5 de novembro de 1997, por intermédio do Decreto n.º 2.366 do presidente da República.

Aspectos relevantes da Lei nº 9.456

A proteção dos direitos intelectuais sobre a cultivar se efetua mediante a concessão de um certificado de proteção de cultivar. Este certificado é considerado um bem móvel para todos os efeitos legais e essa é a única forma de proteção de cultivares e de direitos que poderá obstar a livre autorização de plantas ou de suas partes, de reprodução ou de multiplicação vegetativa no País. Pela Lei de Patentes, são patenteados microrganismos e processos, por exemplo, genes resultantes de engenharia genética; e pela Lei de Proteção de Cultivares, são protegidas as espécies superiores de plantas.

No Brasil, são passíveis de proteção: (1) a nova cultivar, conforme está definido no artigo 3º, inciso 5º, da Lei nº 9.456/1997; (2) a cultivar essencialmente derivada; e (3) as cultivares não enquadráveis nesses dois grupos, mas cujos pedidos de proteção sejam apresentados num prazo máximo de 12 meses após a divulgação dos descritores da espécie e cujo o prazo máximo de comercialização, a contar da data da apresentação do pedido anterior, tenha sido de até 10 anos. Essa última forma de proteção só irá produzir efeitos para cultivares essencialmente derivadas, ou seja, é uma proteção que vai ter seus efeitos, em termos de exercerem-se os direitos decorrentes, somente numa relação entre empresas de melhoramento. É uma proteção que não alcança o produtor de sementes e, logicamente, não alcançaria aquele agricultor que tenta vender seu material como semente. Essa proteção será concedida apenas pelo prazo remanescente, ou seja, se a cultivar já foi comercializada no país por oito anos, e o prazo de proteção total para essa espécie é de 15 anos, então o prazo que se concede é de mais sete anos.

Outro ponto que vale ressaltar são os privilégios que a lei preservou. Um deles é o privilégio do agricultor, permitindo a ele reservar material de plantio para uso próprio, sem que tenha que pagar "royalties" ao titular da proteção. Outro é o do pequeno produtor rural, pelo qual se permite que ele produza sementes e as negocie por intermédio de doação ou troca com outros pequenos produtores. Esse grupo está fora do alcance das obrigações introduzidas com a Lei de Proteção de Cultivares. Ainda se preservaram privilégios para o melhorista, ou seja, qualquer empresa ou indivíduo que trabalhe com melhoramento de plantas pode fazer uso de material protegido para desenvolver pesquisa científica ou para utilizá-lo em seus trabalhos de melhoramento vegetal, sem que, com isso, tenha necessidade de pedir autorização ao titular da proteção.

No Brasil, o prazo de proteção é de 15 anos para a maioria das espécies, principalmente de grãos (oleaginosas, cereais e outras). Para as videiras, árvores frutíferas, árvores florestais e árvores ornamentais, incluindo seus porta-enxertos, esse prazo estende-se para 18 anos.

A proteção pode ser interrompida a qualquer tempo, na ocorrência qualquer de um dos seguintes fatores:

- Pela extinção dos direitos de proteção
 - a) Pela expiração do prazo de proteção estabelecido em lei. Exemplo: se o prazo de proteção da cultivar for de 15 anos, completados os 15 anos, automaticamente, encerra-se a proteção e essa cultivar cai em domínio público.
 - b) Pela renúncia do respectivo titular ou de seus sucessores. Quer dizer, em qualquer momento, o titular pode requerer ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares a renúncia à sua proteção. Com isso, ele fica desobrigado a pagar a anuidade devida pela manutenção do Certificado de Proteção.
 - c) Pelo cancelamento do Certificado de Proteção. No caso de cancelamento, ele se dá pelos seguintes motivos:
 - Perda da homogeneidade ou estabilidade da cultivar.
 - Ausência do pagamento da anuidade.
 - Falta de um procurador devidamente qualificado e domiciliado no Brasil. Isso se aplica às cultivares estrangeiras, para as quais a lei exige que seja mantido, durante todo o período da proteção, um procurador qualificado e domiciliado no País.
 - Pela não apresentação da amostra viva. A lei obriga que não só sejam entregues duas amostras vivas da cultivar ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares, mas também obriga o titular da proteção a conservar em seu poder, à disposição do SNPC, durante todo o prazo de proteção, uma amostra viva da cultivar protegida.
 - Comprovação de que a cultivar tenha causado impacto desfavorável ao meio ambiente ou à saúde pública.

- Pela nulidade da proteção

Outro fator que pode implicar na diminuição do prazo de proteção é a nulidade da proteção. A nulidade, que retroage à data do pedido de proteção, se dá nas seguintes condições:

- a) Quando não tenham sido observadas as condições de novidade e distinguibilidade da cultivar, fatores, que ao lado da homogeneidade e da estabilidade, são fundamentais para a concessão da proteção.
- b) A proteção tiver sido concedida contrariando direitos de terceiros. Antes de conceder uma proteção definitiva o SNPC publica, no Diário Oficial da União, um extrato do pedido de proteção, no qual concede um prazo de 90 dias, para que qualquer pessoa, com interesses ou direitos contrários, possa solicitar a impugnação do pedido.
- c) Quando o título não corresponde a seu verdadeiro objeto. O título é concedido com base em informações juramentadas prestadas pelo obtentor. Se, posteriormente, essas informações mostram-se inconsistentes ou inverídicas, acarreta a anulação da proteção.
- d) Pela omissão de qualquer providência determinada pela lei.

O Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC)

No Brasil, o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) é o órgão competente para a aplicação da lei e logicamente para acatar os pedidos de proteção de cultivares. O SNPC tem como missão garantir o livre exercício do direito de propriedade intelectual dos obtentores de novas combinações filogenéticas, na forma de cultivares vegetais distintas, homogêneas e estáveis, zelando pelo interesse nacional no campo da proteção de cultivares.

Esse Serviço foi criado no corpo da Lei nº 9.456/1997 e teve suas atribuições regulamentadas pelo Decreto nº 2.366/1997.

O SNPC está ligado ao Departamento de Propriedade Intelectual e Tecnologia da Agropecuária (Depta) da Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo (SDC) e tem como área de suporte o Laboratório Nacional de Análise, Diferenciação e Caracterização de Cultivares (Ladic).

Como órgão colegiado de assessoramento ao SNPC, foi criada, pelo Decreto nº 2.366/1997, a Comissão Nacional de Proteção de Cultivares (CNPC). A Comissão é presidida pelo chefe do SNPC e integrada por representantes dos seguintes órgãos/entidades: Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério das Relações Exteriores; Ministério da Indústria, Comércio e Turismo; Ministério da Ciência e Tecnologia; Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal; Associação Brasileira dos Obtentores Vegetais (Braspov); Associação Brasileira dos Produtores de Sementes (Abrasem), Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB); Confederação Nacional da Agricultura (CNA); Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag); e Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea).

Requisitos necessários à proteção de cultivares

- Ser produto de melhoramento genético.
- Ser de uma espécie passível de proteção no Brasil.
- Não ter sido comercializada no exterior há mais de quatro anos, ou há mais de seis anos, no caso de videiras ou árvores.
- Não ter sido comercializada no Brasil há mais de um ano.
- Ser distinta.
- Ser homogênea.
- Ser estável.

Os três últimos requisitos são comprovados por meio de experimentos específicos reunidos no que denominamos Testes de Distingibilidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE) – Distinctness, Uniformity and Stability Tests (DUS). No Brasil, os melhoristas são encarregados da execução dos testes, mas, no exterior, os testes são realizados por autoridades governamentais, que enviam os resultados mediante a solicitação e o pagamento de uma taxa pelo interessado.

Testes de distingibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE)

Na obtenção da proteção de cultivares, é necessária a comprovação das características de Distingibilidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE) do material objeto do pedido de proteção. No Brasil são realizados os testes de DHE pelos melhoristas em estações experimentais. São ensaios de campo nos quais são testadas as características

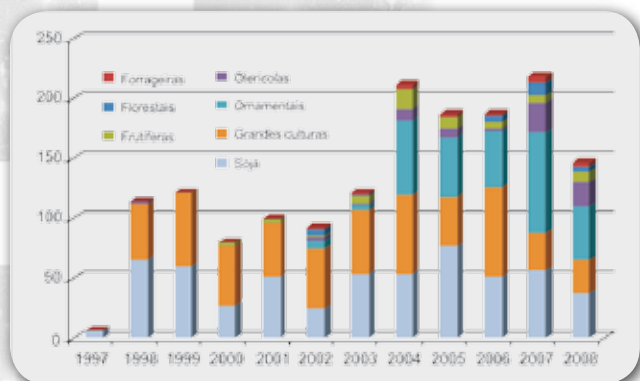
de gistinguibilidade (diferenças claras de qualquer outra característica, cuja existência na data do pedido de proteção seja reconhecida, ou seja, essas variedades vegetais devem ser claramente distinguíveis, em função de alguma característica importante, de outra variedade cuja existência seja de conhecimento comum. Elas são, portanto, comparadas a outras variedades existentes. O importante é que o obtentor ofereça à sociedade uma nova variedade). Para obter a proteção, não é necessário que seja melhor do que outras, apenas ser nitidamente distinta, por exemplo, resistência ou não a uma determinada doença; ter produção de grãos em menor período de tempo – precocidade; ser homogênea (uniformidade entre plantas dentro da mesma geração. Esse requisito é indispensável para a proteção da nova variedade, uma vez que o sistema de cultivares trata de matéria viva e essa nem sempre é idêntica). Porém, é claro que um direito exclusivo só pode ser conferido a um grupo de plantas que seja suficientemente diferente de outro grupo de plantas, por exemplo, se uma das características da cultivar for resistente à doença X, todas as plantas originárias de sementes – ou estacas – daquela cultivar devem apresentar o mesmo grau de resistência; e se apresentar estabilidade (manutenção das características por meio de gerações sucessivas, ou seja, levando-se em conta as mesmas características que as diferenciam das demais, é necessário que elas se mantenham ao longo dos ciclos de multiplicação da planta, por exemplo, se a cultivar é resistente à doença X na safra desse ano, as sementes, por ela produzidas e plantadas nas safras seguintes, devem também ser resistentes à doença X.

Os testes de DHE seguem metodologia própria para cada espécie e exigem do examinador um conhecimento aprofundado da espécie, seu comportamento, grupos e variedades existentes da mesma, sendo indispensável, em alguns casos, a utilização de cultivares de referência para a caracterização da nova cultivar.

Cultivares estrangeiras

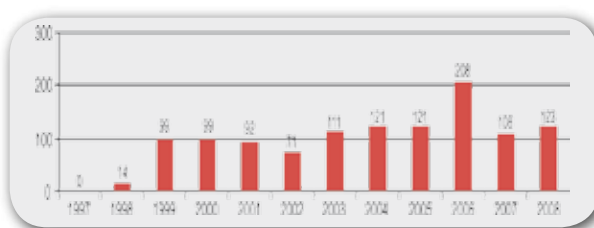
As cultivares protegidas em outros países ou com proteção em andamento, com teste de DHE realizado por instituições estrangeiras, reconhecidas perante a autoridade nacional competente, são protegidas mediante fornecimento dos resultados dos testes realizados por essas instituições. Os relatórios são solicitados pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) diretamente à instituição estrangeira. O serviço é cobrado pelas instituições estrangeiras, que enviam faturas, referentes à emissão dos relatórios e remessa ao SNPC, diretamente para o obtentor ou responsável indicado por ele.

Estadísticas do SNPC



Solicitações de proteção por grupo de spp./ano.

Fonte: Brasil (2008b).



Número de proteções concedidas/ano.

Fonte: Brasil (2008b).



Proteções concedidas/tipos de solicitantes.

Fonte: Brasil (2008b).

Registro Nacional de Cultivares (RNC)

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), ciente da sua responsabilidade no contexto da agricultura brasileira, estabeleceu mecanismos, mediante legislação específica, para a organização e funcionamento de um sistema de Registro Nacional de Cultivares, que permite a ação conjunta de sua própria estrutura e de outras instituições do poder público e da iniciativa privada na execução da política nacional para o setor agrícola brasileiro.

O Registro Nacional de Cultivares (RNC) é o cadastro de cultivares habilitadas para a produção, o beneficiamento e a comercialização de sementes e mudas no País. Foi instituído pela Portaria nº 527, de 30 de dezembro de 1997, e atualmente é regido pela Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, e regulamentado pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004.

A inscrição de cultivares no RNC pode ser requerida por qualquer pessoa física ou jurídica que obtenha ou introduza uma nova cultivar, que detenha os direitos de proteção previstos na Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997, ou que seja legalmente autorizada pelo obtentor. Entretanto, para fins de inscrição no RNC, a cultivar deve ser, previamente, submetida a ensaios para determinação do Valor de Cultivo e Uso (VCU). Entende-se por VCU o valor intrínseco de combinação das características agrônômicas da cultivar com as suas propriedades de uso em atividades agrícolas, industriais, comerciais e de consumo in natura.

Ao instalar os ensaios de VCU, o interessado deve comunicar, previamente, ao Mapa a data de início e o local onde serão instalados, para fins de fiscalização e supervisão. Os ensaios devem obedecer aos critérios estabelecidos pelo Mapa e contemplar o planejamento e o desenho estatístico que permitam a observação, a mensuração e a análise dos diferentes caracteres das distintas cultivares, assim como a avaliação do comportamento e a qualidade.

Os resultados dos ensaios de VCU são de exclusiva responsabilidade do requerente da inscrição, podendo ser obtidos diretamente por qualquer pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, de comprovada capacidade e qualificação.

Após a realização dos ensaios de VCU, o requerimento de inscrição da nova cultivar no RNC deve ser apresentado em formulário próprio, específico da espécie, acompanhado,

obrigatoriamente, de relatório técnico com os resultados de ensaios de VCU, dos descritores mínimos da cultivar e da declaração da existência de estoque mínimo de material básico.

Atualmente, são exigidos ensaios para a determinação do Valor de Cultivo e Uso (VCU) para 29 espécies vegetais. Os critérios mínimos a serem observados nesses ensaios foram estabelecidos pelos seguintes atos: Portaria nº 294 de 14 de outubro de 1998, para cultivares de algodão, arroz, batata, feijão, milho, soja, sorgo e trigo; Instrução Normativa nº 6, de 22 de abril de 2003, para as cultivares de Alfafa (*Medicago sativa* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), capim de Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), cornichão anual (*Lotus subbiflorus* Lag.), cornichão perene (*Lotus corniculatus* L.), feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), pensacola (*Paspalum notatum* Flügge), capim setária (*Setaria sphacelata* (Schumacher) Stapf & C. E. Hubb.), trevo branco (*Trifolium repens* L.), trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.), trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) e trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi); e Instrução Normativa nº 1, de 1º de junho de 2004, para as cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf, *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard), *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick., *Brachiaria dictyoneura* (Fig. et De Not) Stapf, *Panicum maximum* Jacq., *Pennisetum purpureum* Schum., e híbridos e populações resultantes de cruzamentos interespecíficos.

O Mapa, por meio do seu órgão técnico competente, disponibiliza, gradativamente, os critérios mínimos, por espécie, para a realização dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU); e, quando necessário, constitui comitês, por espécie vegetal, integrados por representantes de instituições públicas e privadas, para assessorar no estabelecimento dos critérios mínimos a serem observados nos ensaios de determinação de VCU.

Portanto, a inscrição de cultivares das demais espécies vegetais, cujos critérios mínimos para avaliação de VCU não estejam ainda estabelecidos, pode ser requerida mediante o preenchimento de formulário específico e apresentação dos seguintes dados: principais características morfológicas, biológicas e fisiológicas que tornem possível a identificação da cultivar; relatório técnico, indicando os dados de produtividade, o comportamento ou a reação às pragas e doenças, a região de adaptação; e outros dados que justifiquem a sua importância para o mercado nacional e internacional.

É importante ressaltar que cada cultivar tem somente uma única inscrição no RNC e a sua permanência está condicionada à existência de pelo menos um mantenedor (pessoa física ou jurídica que se responsabiliza por tornar disponível um estoque mínimo de material de propagação de uma cultivar inscrita no Registro Nacional de Cultivares, conservando suas características de identidade genética e pureza varietal). Torna-se possível a existência de mais de um mantenedor para uma cultivar já inscrita no RNC, desde que esse comprove que possui condições técnicas para garantir a manutenção da cultivar em questão.

Entretanto, o mantenedor que, por qualquer motivo, deixar de fornecer material básico ou de assegurar as características declaradas da cultivar inscrita terá seu nome excluído do registro da cultivar no RNC.

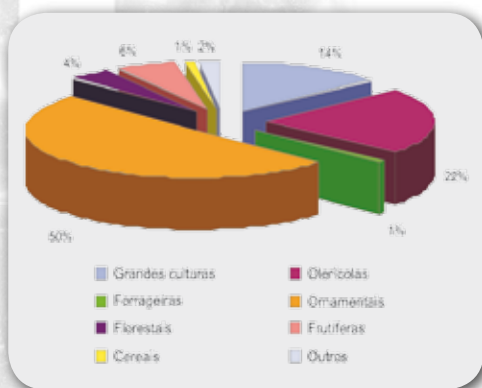
São dispensadas da inscrição no RNC as cultivares importadas para fins de pesquisa ou realização de ensaios de VCU, em quantidade compatível com a aplicação, mediante justificativa técnica e atendida a legislação específica; as cultivares importadas com o objetivo exclusivo de reexportação; e as cultivares locais, tradicionais ou crioulas, utilizadas por agricultores familiares, assentados da reforma agrária, ou indígenas.

Está previsto também o cancelamento da inscrição de cultivares no RNC nos seguintes casos: pelo não-atendimento das características declaradas na ocasião da inscrição, mediante proposta fundamentada de terceiros; pela perda das características que possibilitaram a inscrição da cultivar; quando solicitada por terceiro, titular dos direitos de proteção da cultivar inscrita nos termos da Lei nº 9.456, de 1997; por inexistência de mantenedor, resguardado o direito de terceiros; e pela comprovação de que a cultivar tenha causado, após a sua comercialização, impacto desfavorável ao sistema de produção agrícola.

Considerando a necessidade de disponibilizar ao agricultor os avanços da pesquisa em genética vegetal, sendo as cultivares melhoradas essenciais para o aumento da produtividade agrícola, hoje, estão inscritas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) cerca de 24 mil cultivares. A importância do registro deve-se à condição de ser um instrumento de ordenamento do mercado que visa a proteger o agricultor da venda indiscriminada de sementes e mudas de cultivares não avaliadas em face às condições agrícolas brasileira.

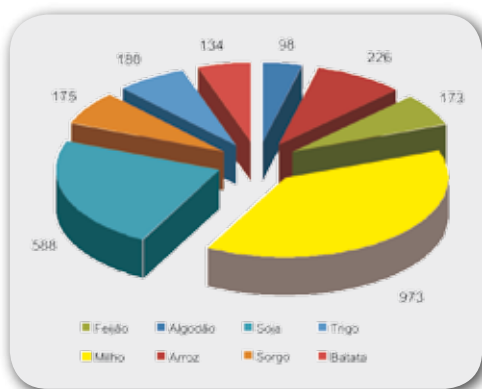
Estadísticas do RNC

Cultivares inscritas no RNC



Fonte: Brasil (2008a).

Cultivares inscritas no RNC – VCU



Fonte: Brasil (2008a).

Referências

BRUCH, K. L. **Limites do direito de propriedade industrial de plantas**. 2006. 223 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRUCH, K. L.; ZIBETTI, F. W. Acordos internacionais e sua internacionalização: um estudo de caso na proteção de plantas no âmbito da propriedade intelectual In: MENEZES, W. **Estudos de direito**

internacional. Curitiba: Juruá, 2006. v. 7, p. 283-294. Anais do 4º Congresso Brasileiro de Direito Internacional.

CORREA, C. M. **Intellectual property rights, the WTO and developing countries.** New York: Zed Books, 2000.

DEL NERO, P. A. **Propriedade intelectual:** a tutela jurídica da biotecnologia. São Paulo: Editora dos Tribunais, 1998. 316 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares:** orientações e informações técnicas. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/CULTIVARES/SEMENTES_MUDAS_NOVO/INFORMACOES_USUARIOS/INFORME_2007_CORRIGIDO_0.PDF>. Acesso em: 20 nov. 2008a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informações aos usuários dos SNPC.** Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/CULTIVARES/PROTECAO/INFORMACOES_USUARIOS_PROTECAO/INFORMA%C7%D5ES%20AOS%20USU%C1RIOS%20DO%20SNPC_OUTUBRO%20DE%202008_0_0.PDF>. Acesso em: 20 nov. 2008b.

PIMENTEL, L. O.; DEL NERO, P. A. Propriedade intelectual. In: BARRAL, W. (Org.). **O Brasil e a OMC.** 2. ed. Curitiba: Juruá, 2002. p. 47-50.

TRIPS: acordo sobre aspectos dos direitos de propriedade intelectual relacionados ao comércio. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/indicacao/pasta_acordos/TRIPS.doc>. Acesso em: 10 nov. 2008.

UPOV. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS, 1978, Geneva. **Act of 1978.** Disponível em: <<http://www.upov.int/en/publications/conventions/1978/content.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2008.

UPOV. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS, 1991, Geneva. **Act of 1991.** Disponível em: <<http://www.upov.int/en/publications/conventions/1991/content.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2008.