

Melhoramento Vegetal Participativo com Ênfase na Eficiência Nutricional





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

ISSN 1517-5111

Dezembro, 2003

Documentos 104

Melhoramento Vegetal Participativo com Ênfase na Eficiência Nutricional

Altair Toledo Machado
Cynthia Torres de Toledo Machado

Planaltina, DF
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

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

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Dimas Vital Siqueira Resck*

Editor Técnico: *Carlos Roberto Spehar*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial: *Jaime Arbués Carneiro*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

Edição eletrônica: *Jussara Flores de Oliveira*

Capa: *Wellington Cavalcanti*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Jaime Arbués Carneiro

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2003): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Cerrados.

M149m Machado, Altair Toledo.

Melhoramento vegetal participativo com ênfase na eficiência
nutricional / Altair Toledo Machado, Cynthia Torres de Toledo
Machado. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2003.

39 p.— (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 104)

1. Melhoramento vegetal. 2. Produção vegetal. 3. Genética
vegetal. I. Machado, Cynthia Torres de Toledo. II. Título. III. Série.

631.52 - CDD 21

© Embrapa 2003

Autores

Altair Toledo Machado

Eng. Agrôn., Ph.D., Genética e Melhoramento Vegetal
Embrapa Cerrados
altair@cpac.embrapa.br

Cynthia Torres de Toledo Machado

Eng. Agrôn., Ph.D., Ciência do Solo – Nutrição de Plantas
Embrapa Cerrados
cynthia@cpac.embrapa.br

Apresentação

Novos desafios têm surgido para as ciências agrícolas, relacionados às demandas ambientais e sociais. A redução da perda da biodiversidade, inclusive, dentro das espécies cultivadas; a conservação da água e do solo, o aumento na eficiência no uso da água e nutrientes para a produção vegetal e a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas de solos pouco férteis são alguns dos problemas agronômicos e de recursos naturais que devem ser contornados, a fim de garantir a produção de alimentos e controlar a escassez deles.

A solução dessas questões críticas – produção de alimentos e conservação ambiental – que possuem dimensões políticas, sociais e econômicas, só é possível com uma contribuição técnica sólida, referendada por cientistas de várias áreas, em uma abordagem multidisciplinar e participativa, no desenvolvimento de pesquisas motivadas por demandas sociais e orientadas por missões.

A pesquisa participativa é considerada fundamental no desenvolvimento de métodos, na identificação dos problemas e no delineamento das agendas de pesquisa, em oposição às iniciativas geradas nos institutos de pesquisa, isoladamente. Possibilita a retomada do contato entre pesquisadores e produtores usuários da tecnologia, a simplificação de métodos e linguagem, a aproximação da realidade e das demandas, além de facilitar o processo de transferência de tecnologia.

Nesse sentido, o melhoramento participativo é mais amplo que o formal, por combinar os princípios e procedimentos deste último com as condições e

possibilidades locais. A modalidade participativa baseia-se nos conhecimentos da genética vegetal, da fitopatologia e da economia, mas os combina com antropologia, sociologia, conhecimento dos agricultores e com as ferramentas da pesquisa de mercado e desenvolvimento de produtos. Constitui, portanto, uma abordagem atual que tem por meta aliar bons resultados econômicos e bem-estar dos agricultores.

Quando direcionado para a eficiência nutricional, o melhoramento participativo contribui para a adequação das plantas a solos deficientes, permitindo um uso racional e eficiente de fertilizantes, estando de acordo com a necessidade premente de conservação dos solos e controle da poluição de águas.

Roberto Teixeira Alves

Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	9
As Diferentes Abordagens da Seleção e Melhoramento de Plantas	10
Melhoramento convencional	10
Melhoramento para tolerância a estresses	11
Melhoramento participativo	14
A Relevância do Melhoramento Participativo para as Áreas de Pequenos Produtores	23
Variedade “Sol da Manhã” – Um Exemplo Concreto de Melhoramento Participativo para Eficiência Nutricional	28
Considerações Finais	34
Referências Bibliográficas	34
Abstract	39

Melhoramento Vegetal Participativo com Ênfase na Eficiência Nutricional

Altair Toledo Machado

Cynthia Torres de Toledo Machado

Introdução

O melhoramento participativo é um componente do manejo da diversidade genética das plantas que, por sua vez, consiste no resgate, avaliação, caracterização, seleção e conservação dos recursos genéticos. Ambas as estratégias, melhoramento participativo e manejo, desempenham importante função em comunidades de agricultura familiar onde são comuns os problemas relacionados à fertilidade dos solos e a estresses nutricionais, entre outras limitações ambientais.

Essa modalidade de melhoramento começou a ser delineada no início da década de 1980 e apresenta, como ingrediente fundamental, a inclusão dos conhecimentos, habilidades, experiências, práticas e preferências dos agricultores. Baseia-se nos conhecimentos da genética vegetal convencional, da fitopatologia e economia, combinando-os com os da antropologia, sociologia, conhecimento dos produtores e com os princípios da pesquisa de mercado e desenvolvimento de produtos ([WELTZIEN, 2000](#)).

Os objetivos do melhoramento participativo são mais amplos que os do melhoramento formal ou convencional, indo além do aumento de produtividade. A conservação e a promoção do aumento da biodiversidade (criação da variabilidade genética), a obtenção e o uso de germoplasma de adaptação local (variedades modernas ou locais, dependendo dos objetivos), a seleção dentro de populações, a avaliação experimental de variedades (seleção participativa de

variedades), o lançamento e a divulgação de novas variedades, a diversificação do sistema produtivo e a produção de sementes constituem as demais metas do melhoramento participativo.

O trabalho, cuja organização é totalmente descentralizada, é desenvolvido com grupos de produtores e/ou comunidades agrícolas, podendo ou não haver o lançamento formal de variedades e a difusão das sementes ocorre em âmbito formal e/ou local ([WELTZIEN, 2000](#)).

De forma geral, o melhoramento participativo pode contribuir efetivamente para a adaptação das variedades aos ecossistemas de diferentes comunidades agrícolas, sujeitas a estresses bióticos e abióticos ([MACHADO et al., 2002](#)) e, atualmente, em diferentes regiões do mundo, trabalhos de melhoramento participativo têm tido um forte impacto no desenvolvimento comunitário ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#); [SPERLING et al., 2001](#); [MACHADO et al., 2002](#)).

As Diferentes Abordagens da Seleção e Melhoramento de Plantas

Melhoramento convencional

Na década de 1960, os programas de melhoramento, em todo o mundo, estiveram sob a influência dos conhecimentos da genética quantitativa e da estatística pura para o estudo da estrutura das populações, avaliação da capacidade de combinação e aplicação dos princípios experimentais, o que originou o desenvolvimento de novas técnicas de experimentação, avaliação e seleção. Os objetivos dos programas de melhoramento naquela época, segundo [Lewis \(1976\)](#), consistiam basicamente em aumentar o rendimento e a qualidade do produto. Na década de 1970, quando se deu o apogeu da agricultura fundamentada na melhoria do desempenho dos índices de produtividade, os conceitos básicos e aplicados do melhoramento vegetal foram utilizados visando ao aumento progressivo do rendimento das culturas, com variedades e híbridos, sendo avaliados com base em sua capacidade de responder aos insumos agrícolas ([MACHADO, 1998b](#)).

No **melhoramento convencional**, além do aumento de produtividade, busca-se germoplasma baseado exclusivamente em variedades modernas de grande adaptabilidade ao manejo adotado que, normalmente, é baseado em princípios químicos. A avaliação e a seleção de germoplasmas são realizadas em ambientes

uniformes onde os estresses bióticos e abióticos são minimizados ([MACHADO, 1998a](#)).

O melhorista é quem define os objetivos e as estratégias e conduz todos os trabalhos de seleção e de avaliação, sendo que apenas a validação do uso do material é feita com os produtores. A organização é totalmente centralizada, o trabalho é feito com produtores individualizados e o lançamento das variedades e a difusão das sementes é feito pelo setor formal, representado pelas instituições de pesquisa oficiais e empresas privadas ([CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH, 1999b](#)).

Nas décadas de 1960 e 1970, quando se deu a plenitude da revolução verde com a agricultura industrializada, os países desenvolvidos tinham nos fertilizantes um insumo de custo relativamente inexpressivo para a produção, e as pesquisas enfatizavam a máxima produção por unidade de fertilizante adicionado ([GABELMAN; GERLOFF, 1983](#)). Os programas de melhoramento genético tornaram-se bastante seletivos, e o processo de seleção passou a incorporar conhecimentos de fitopatologia, entomologia, fisiologia, mecanização agrícola, irrigação, herbicidas e fertilidade dos solos, para formar variedades e híbridos altamente responsivos aos insumos agrícolas e com elevada produtividade ([MACHADO, 1998a, 1998b](#)). Os progressos decorrentes desses programas foram enormes, com os pacotes tecnológicos baseados em híbridos e variedades de alto rendimento e que, inegavelmente, ocasionaram grande aumento de produção das culturas.

Melhoramento para tolerância a estresses

Em meados da década de 1970, quando, em função da crise energética, houve a necessidade de se reavaliar e alterar os princípios e as práticas que constituíam os fundamentos da agricultura industrializada, percebeu-se que a mudança fundamental seria representada pela evidência crescente de que o germoplasma vegetal poderia ser selecionado e que cultivares superiores poderiam ser desenvolvidos visando à adaptação aos chamados “solos-problema”.

Essa idéia foi o centro das discussões de uma conferência realizada em 1976 ([WRIGHT; FERRARI, 1976](#)) que foi também um marco para abordagem nutricional do melhoramento de plantas. Entre as duas alternativas disponíveis para promover o crescimento de plantas em solos deficitários em nutrientes, que são o tradicional ajuste do suprimento desses à necessidade das culturas por

meio da fertilização e calagem e a seleção de espécies vegetais adaptadas e de eficiência superior sob condições de deficiências específicas ([GERLOFF, 1976](#)), esta última estratégia era vista como promessa à redução nos custos energéticos de produção e aumento da segurança quanto à obtenção de rendimento das culturas, tanto nos países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento.

Nessa conferência, discutiram-se as conseqüências dos estresses minerais na produção das culturas, as reservas mundiais de fertilizantes em relação à demanda futura, os potenciais genéticos para solucionar problemas de estresses minerais, a eficiência das plantas no uso dos elementos essenciais e métodos de avaliação e seleção de plantas para tolerância aos estresses minerais. Ao analisar hoje os trabalhos apresentados, verifica-se que os objetivos, priorizavam muito mais vantagens econômicas do que os aspectos ecológicos e de preservação dos recursos naturais ([STANGEL, 1976](#)).

A consideração do estresse ambiental, portanto, começou a configurar a mudança na tendência do melhoramento e da seleção vegetal, surgindo o **melhoramento para tolerância a estresses**. Isto começou a ocorrer, efetivamente, na década de 1980, quando, apesar de ainda fortemente influenciados pela filosofia da revolução verde, os programas de melhoramento foram direcionados para a obtenção de material mais adaptado às terras marginais das áreas de expansão agrícola, dentre as quais destacam-se, no Brasil, as áreas de Cerrado.

Na fase em que se começou a delinear essa nova tendência, a pesquisa multidisciplinar, unindo os conhecimentos dos cientistas de solo, fisiologistas vegetais e geneticistas, era então sentida como necessária para levar adiante programas mais eficientes para melhorar o rendimento e qualidade das culturas.

No início desse enfoque não se explorava a fisiologia da interação do genótipo e do estresse mineral. Permanecia o conceito de que o rendimento e a qualidade (fenótipo) são produtos do genótipo e ambiente, mesmo sabendo-se que o genótipo pode ser mais bem entendido e o ambiente é passível de ser controlado em grande escala ([LEWIS, 1976](#)). Contudo, muitos progressos foram feitos na exploração e no uso da diversidade genética das plantas na busca da solução dos problemas relativos a pouca disponibilidade ou à toxidez dos elementos nos solos.

Esforços começaram a ser direcionados na busca do entendimento da interação entre genótipo vegetal e estresse mineral. A genética da tolerância ao estresse começou a ser compreendida e, embora os mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvidos não estivessem bem definidos, eles eram investigados em diversas partes do mundo ([MACHADO et al., 1992](#); [SUGYAMA et al., 1995](#); [MACHADO; MAGALHÃES, 1995](#); [MAGALHÃES; MACHADO, 1995](#); [BAHIA FILHO et al., 1997](#); [KELTJENS, 1997](#); [MACHADO et al., 1998](#); [MACHADO et al., 2001](#)).

Nesse sentido, os “solos ácidos” receberam mais atenção, com ênfase na toxicidade de alumínio (Al) e do manganês (Mn) e nos problemas associados à disponibilidade de nutrientes. O Brasil foi pioneiro nesse campo, e programas ativos de melhoramento visando à tolerância a estresses estão em curso, obtendo êxito nos Estados Unidos, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, México, Polônia, Rússia, em vários países da África e em muitas outras partes do mundo, onde trigo, sorgo, milho e arroz têm recebido maior atenção ([FOY, 1994; 1997](#)). Esses progressos e muitos outros foram possíveis pela aproximação e cooperação entre cientistas de solo e melhoristas vegetais. Tal colaboração é de certa forma recente, tendo se tornado mais efetiva a partir da segunda metade da década de 1970, em trabalhos que, de acordo com [Foy \(1994\)](#) tiveram os seguintes objetivos:

1. Identificação, nos solos-problema, dos fatores de estresse mineral presentes e/ou potenciais.
2. Avaliação e caracterização de germoplasma para tolerância aos estresses, o que requer o desenvolvimento de procedimentos rápidos e simples para condições de solo ou solução nutritiva.
3. Colaboração na seleção e no melhoramento de genótipos superiores para problemas específicos dos solos.
4. Determinação dos mecanismos genéticos, fisiológicos e bioquímicos que controlam a tolerância das plantas a fatores de estresse específicos. Avanços no entendimento de tais processos contribuem para o conhecimento científico básico e podem também ajudar no refinamento das técnicas de avaliação de genótipos vegetais e de práticas de manejo de solo.
5. Determinação das interações entre os estresses minerais e outros fatores ambientais, como água, temperatura, poluição atmosférica, patógenos e associações simbióticas com rizóbios ou fungos micorrízicos.

A consolidação da abordagem do melhoramento para estresse e a consideração de princípios ecológicos como parte desta modalidade aconteceu somente na década de 1990, com a crescente preocupação com o meio ambiente, onde o grande enfoque é dado à agricultura e ao desenvolvimento sustentáveis. Segundo esse enfoque a agricultura deve ser um empreendimento lucrativo, onde o uso de insumos e de energia deve ser minimizado, os alimentos devem ser produzidos com qualidade e isentos de agentes contaminantes ou tóxicos e o meio ambiente deve ser mantido com boa qualidade e despoluído ([MACHADO, 1998b](#)).

Melhoramento participativo

O melhoramento participativo é uma nova vertente do melhoramento genético vegetal e traz como ingrediente fundamental a inclusão sistemática dos conhecimentos, habilidades, experiências, práticas e preferências dos agricultores. É mais do que uma consultoria ocasional entre cientistas e produtores, fazendo com que ambos se tornem aliados, trabalhando juntos, com uma comunicação mais efetiva, sendo que os últimos possuem maior poder de decisão ([CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH, 1999a, 1999b](#)).

Não existe ainda consenso sobre a terminologia dessa nova modalidade do melhoramento, sendo que cada autor utiliza uma denominação para o melhoramento vegetal participativo (*participatory plant breeding – PPB*). Os termos que são mais freqüentemente usados estão relacionados entre si: *collaborative plant breeding – CPB* (SOLLERI et al., 1999); *farmer participatory breeding* (FPB) (CURTEOIS et al., 2000) e *participatory crop improvement* (PCI) (WITCOMBE et al., 1996), apud [Sperling et al. \(2001\)](#). Essa última denominação engloba duas áreas: melhoramento de plantas participativo (*participatory plant breeding – PPB*) e seleção participativa de variedades (*participatory variety selection – PVS*). O primeiro refere-se à seleção dentro de populações segregantes e o último, à seleção entre populações e linhagens avançadas ou estáveis geneticamente ([WITCOMBE et al., 1996](#)). Entretanto, essa distinção nem sempre é clara, como acontece no caso das populações de polinização cruzada, quando a seleção entre populações (PVS) é usualmente combinada com a seleção dentro das populações (PPB) ([ALMEKINDERS; FLINGS, 2001](#)). Estes autores resumem várias características e observações interessantes acerca dessas duas subdivisões.

O melhoramento vegetal participativo (ou fitomelhoramento participativo) envolve, na pesquisa em melhoramento de plantas, cientistas, agricultores e

outros, como: consumidores, organizações não governamentais, extensionistas, vendedores, indústria e cooperativas rurais. É denominado participativo porque os usuários do produto têm função nos principais estágios do processo de seleção e melhoramento, tornando-se co-autores das pesquisas, uma vez que podem auxiliar no estabelecimento de objetivos, na determinação das prioridades específicas do melhoramento, podem realizar cruzamentos, avaliar acessos de germoplasmas em fases iniciais da pesquisa, multiplicar sementes e difundir o processo, entre outras atividades ([SPERLING et al., 2001](#)).

Essa modalidade de melhoramento começou a ser delineada no início dos anos 80 e sua abordagem para o desenvolvimento vegetal é diferente daquela que norteou o melhoramento vegetal até então. Utiliza os princípios e procedimentos do melhoramento formal combinados com as condições e possibilidades locais ([WORKSHOP... 1999](#)). Baseia-se nos conhecimentos da genética vegetal convencional, na fitopatologia e economia, mas os combinam com antropologia, sociologia, o conhecimento dos produtores e dos princípios e ferramentas da pesquisa de mercado e desenvolvimento de produtos ([CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH, 1999a, 1999b](#)).

O melhoramento vegetal participativo parte de um conceito que pretende unir os sistemas formal (representado pelas instituições públicas de pesquisa) e local (representado pelas comunidades de agricultores), combinando as capacidades e as especialidades de ambos os setores, procurando aliar o incremento na produtividade com o fornecimento de agrobiodiversidade necessário pelos produtores (HARDON, 1995, apud [ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

A estratégia do melhoramento vegetal participativo é inserir diversidade genética nos sistemas locais e desenvolver a capacidade de os produtores selecionar e intercambiar sementes. Ao invés de tentar aumentar o impacto dos programas de melhoramento convencional que, ao final, geram um número limitado de variedades geneticamente uniformes, a idéia é inserir nos campos dos produtores grande número de materiais, representantes de um largo espectro de diversidade genética ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

O reconhecimento da capacidade de os produtores de selecionar o que melhor se adapta ao seu ambiente, de melhorar a capacidade de adaptação dos cultivos locais e de selecionar os materiais *in situ* ou *on farm* constituem o alicerce do melhoramento vegetal participativo que depende da produção e da troca de sementes pelos produtores para manutenção e difusão de variedades ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

Em função do envolvimento dos agricultores nos programas de melhoramento participativo, são definidas duas amplas abordagens institucionais: (1) quando os agricultores se vinculam aos experimentos de melhoramento já iniciados pelos programas formais de melhoramento (fitomelhoramento participativo dirigido formalmente – *formal led*) e (2) quando os cientistas apóiam os sistemas de melhoramento, de seleção varietal e de manejo de sementes dos agricultores (fitomelhoramento participativo dirigido pelo agricultor – *farmer led*) ([GRUPO CONSULTIVO PARA LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA INTERNACIONAL, 1999; SPERLING et al., 2001](#)). Uma comparação entre esses enfoques é apresentada na [Tabela 1](#).

O melhoramento participativo é basicamente direcionado para ambientes marginais nos quais a produção tem o caráter de subsistência ou semi-subsistência. Nesses ambientes os produtores não dispõem de recursos para aquisição de sementes novas ou fertilizantes e defensivos, necessitando de variedades que respondam bem às suas condições ambientais locais específicas e difíceis, sem a necessidade de insumos caros ([CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH, 1999a, 1999b](#)). Esse público, em sua maioria, não foi atendido pelo sucesso e progressos gerados pelo melhoramento convencional, com seus pacotes tecnológicos baseados em variedades de alto rendimento que produzem muito bem em solos férteis e ambientes estáveis nos quais são desenvolvidas.

O melhoramento participativo constitui alternativa à adoção em larga escala de variedades formais subótimas que podem resultar em erosão genética ([WORKSHOP..., 1999](#)). Requer reavaliações das funções dos produtores, melhoristas e organizações comunitárias e fortes ligações entre os setores formal e informal. Requer também esforços em áreas correlatas, especialmente, o manejo integrado de pragas (MIP) e a agricultura sustentável de baixos insumos externos (LEISA) ([WORKSHOP..., 1999](#)).

A melhoria de produtividade sob condições de estresse é possível e especialistas vislumbram a possibilidade de isso ser atingido via melhoramento participativo, especialmente, se projetos locais combinarem esforços de melhoramento genético com melhorias no manejo das propriedades. A qualidade dos produtos em sistemas de agricultura local é muito importante, e o melhoramento participativo enfoca esse aspecto, buscando atingi-lo antes mesmo que outros caracteres relacionados ao rendimento sejam considerados ([WORKSHOP..., 1999](#)).

Tabela 1. Comparação entre as modalidades de fitomelhoramento participativo (PPB)- dirigido formalmente e dirigido pelos agricultores.

Abordagem institucional	Escala de organização da pesquisa	Abrangência geográfica	Dimensão da unidade de decisão para manejo do PPB e alguns exemplos
PPB dirigido formalmente (controlado pelo pesquisador)	Grande escala (ex: programas nacionais)	Vários locais	<ul style="list-style-type: none"> • Várias comunidades • Regional Ex: INIAP, batatas (Equador) • Comunidade ou menor Ex: CIAT, mandioca/CORPOICA (Colômbia); CIAT/ISAR, feijões (Ruanda)
		Um ou poucos locais	<ul style="list-style-type: none"> • Várias comunidades • Regional • Comunidade ou menor
	Pequena escala (ex: organização comunitária ou por ONGs locais)	Vários locais	<ul style="list-style-type: none"> • Várias comunidades • Regional • Comunidade ou menor
		Um ou poucos locais	<ul style="list-style-type: none"> • Várias comunidades • Regional • Comunidade ou menor

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Abordagem institucional	Escala de organização da pesquisa	Abrangência geográfica	Dimensão da unidade de decisão para manejo do PPB e alguns exemplos
PPB dirigido informalmente (controlado pelo agricultor)	Grande escala (ex: centros internacionais ou ONGs)	Vários locais	<ul style="list-style-type: none"> • Várias comunidades • Regional Ex: SEARICE (Filipinas); Rede PTA (Brasil) • Comunidade ou menor Ex: CIALs (América do Sul e Central)
	Pequena escala (ex: ONGs locais)	Um ou poucos locais	<ul style="list-style-type: none"> • Várias comunidades • Regional • Comunidade ou menor Ex: SAVE (Serra Leoa)
		Vários locais	<ul style="list-style-type: none"> • Várias comunidades • Regional Ex: PROINPA (Bolívia) • Comunidade ou menor Ex: Zamorano (Honduras)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Abordagem institucional	Escala de organização da pesquisa	Abrangência geográfica	Dimensão da unidade de decisão para manejo do PPB e alguns exemplos
		Um ou poucos locais	<ul style="list-style-type: none"> • Várias comunidades • Regional Ex: Deccan Development Society (Índia) • Comunidade ou menor Ex: Save the Seeds (Índia)

Fonte: Adaptado de [Sperling et al. \(2001\)](#).

O germoplasma deve ser avaliado em seu local de origem ou naqueles para os quais está sendo melhorado, envolvendo números de ambientes adequados, devidamente caracterizados e representativos para a melhor definição da potencialidade dos materiais. Características favoráveis devem ser identificadas e que possuam grau de herdabilidade compatível com o ganho genético que se deseja ([WORKSHOP..., 1999](#)).

O melhoramento participativo possui múltiplos objetivos, sendo esses mais amplos que os do melhoramento formal ou convencional. Tem por metas o ganho de produtividade (comum ao melhoramento convencional), a conservação e promoção do aumento da biodiversidade (criação de variabilidade genética), obtenção, desenvolvimento e uso de germoplasma adaptado (variedades modernas ou locais dependendo dos objetivos), para grupos de usuários menos favorecidos (mulheres, agricultores pobres), seleção dentro de populações, avaliação experimental de variedades (PVS – seleção participativa de variedades), lançamento e divulgação de novas variedades, diversificação do sistema produtivo e produção de sementes. A organização é totalmente descentralizada, o trabalho é desenvolvido com grupos de produtores e/ou com comunidades agrícolas, podendo ou não haver o lançamento formal de variedades e a difusão das sementes ocorre em âmbito formal e/ou local ([CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH, 1999a, 1999b](#); [WORKSHOP..., 1999](#); [GRUPO CONSULTIVO PARA LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA INTERNACIONAL, 1999](#); [SPERLING et al., 2001](#)).

Uma lista de metas gerais em torno das quais os programas de melhoramento participativo são planejados é apresentada na [Tabela 2](#), bem como alguns indicadores para avaliação do cumprimento de tais metas.

O melhoramento participativo pode ser considerado uma nova abordagem do desenvolvimento de germoplasma, especialmente, no setor público ([SPERLING et al., 2001](#)). Institutos de pesquisa que sustentaram a revolução verde reavaliaram seus princípios e, atualmente, possuem trabalhos de extrema relevância em pesquisa participativa. O CGIAR, por exemplo, patrocina um programa global (*Program on Participatory Research and Gender Analysis – PRGA*) que envolve quatro centros de pesquisa internacional (CIAT, CIMMYT, ICARDA e IIRRI), várias organizações não governamentais e fundações privadas de diversos países ([CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH, 1999a, 1999b](#)). Esse programa compõe-se de documentação detalhada sobre 65 programas e projetos em melhoramento participativo e engloba cerca de 70 experiências em melhoramento e manejo de diversidade genética participativos na África, Ásia e América Latina com as culturas de milho, cevada, batata, feijão, arroz, mandioca, milho, ervilha, amendoim, frutas e hortaliças ([CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH, 1999a, 1999b](#); [SPERLING et al., 2001](#)).

Tabela 2. Metas potenciais dos programas de melhoramento participativo e possíveis indicadores para monitoramento dos progressos alcançados.

Metas do melhoramento participativo	Possíveis indicadores
Ganhos de produção (inclui incrementos na qualidade, produtos de maior valor)	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento no rendimento, estabilidade • Adoção mais rápida • Difusão mais ampla • Benefícios alcançados por meio de maior valor de mercado do produto • Melhor identificação de características de qualidade dos produtores, como sabor. • Melhor performance do material genético em condições mais desfavoráveis
Incremento da biodiversidade e conservação de germoplasma	<ul style="list-style-type: none"> • Maior acesso das comunidades ao germoplasma • Maior acesso das comunidades à informação e ao conhecimento relacionado • Maior diversidade intravarietal • Maior diversidade intervarietal • Compatibilidade dos novos materiais com os já existentes (menos substituição de variedades; mais compatibilidade com raças locais) • Alcance de maior número de micronichos
Satisfação efetiva das necessidades dos usuários	<ul style="list-style-type: none"> • Maior inclusão de diferentes tipos de usuários, relacionando acessos e benefícios • Grau mais elevado de satisfação dos produtores • Maior espectro de usuários atingidos • Alcance dos usuários mais marginais, particularmente mulheres e agricultores pobres
Eficiência nos custos	<ul style="list-style-type: none"> • Redução nos custos da pesquisa em relação ao impacto gerado (ex: identificação mais rápida de variedades aceitáveis) • Mais oportunidades de compartilhar os custos da pesquisa • Maneiras menos dispendiosas de difusão das variedades

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Metas do melhoramento participativo	Possíveis indicadores
Capacitação e fortalecimento (particularmente das comunidades de pequenos agricultores)	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças nos tipos de participação, nas relações entre os parceiros • Mudanças nas prioridades ou necessidades, alterações nos padrões de tomada de decisão (participação igualitária dos produtores na definição da agenda do melhoramento) • Mudanças no acesso e no controle do germoplasma e informações
Inovação institucional e organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação de maneiras sustentáveis para descentralizar • Identificação de outros parceiros institucionais • Identificação de estratégias e opções para condução e eventuais mudanças no processo e produtos do melhoramento participativo
Modificações no programa de melhoramento e política de sementes para expansão e institucionalização do melhoramento participativo	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento da avaliação e aceitabilidade das variedades por parte dos produtores como condição primordial para o lançamento delas • Lançamento formal de materiais específicos para determinados locais • Apoio a empresas localizadas de multiplicação e distribuição de sementes • Fortalecimento e apoio a sistemas de sementes informais/locais

Fonte: Adaptado de [Sperling et al. \(2001\)](#).

O programa CBDC (*Community Biodiversity Development and Conservation Programme*), vinculado à FAO e patrocinado pelos governos da Noruega, Canadá, Suécia, Suíça e Holanda e que tem a responsabilidade de sua execução no CPRO/DLO (*Centre for Plant Breeding and Reproduction Research/Agricultural Research Department*) e CGN (*Centre for Genetic Resources*) da Holanda, também contabiliza um número bastante expressivo de importantes experiências tanto em melhoramento participativo (que inclui seleção participativa de variedades) como em caracterização, conservação e desenvolvimento da agrobiodiversidade na América Latina, África e Ásia ([WORKSHOP... 1998](#)).

Grupos de trabalho dessas instituições têm-se dedicado à proposição de pautas de desenvolvimento de programas de melhoramento vegetal participativo, discussões, trocas de experiências, divulgação de resultados, definição de indicadores e estratégias de trabalho ([WORKSHOP..., 1998: GRUPO CONSULTIVO PARA LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA INTERNACIONAL, 1999: SIMPÓSIO..., 1999: WORKSHOP..., 1999](#)). Publicações tratando exclusivamente de aspectos teóricos e práticos de seleção de variedades e melhoramento participativo têm sido divulgadas ([ELINGS, 1999](#)) em que conhecimentos de genética, análise estatística de dados, metodologias de seleção, sistemas de melhoramento e aspectos conceituais aplicados a essa modalidade de trabalho são expostos.

A Relevância do Melhoramento Participativo para as Áreas de Pequenos Produtores

As áreas dos pequenos agricultores, geralmente, constituem ambientes marginais onde a agricultura é dominada por variações nas condições ecológicas e socioeconômicas, sujeitas a estresses complexos e elevados custos e riscos de produção ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)). A variabilidade geográfica dos ambientes e a heterogeneidade das condições de solo, além das alterações climáticas, resultam em condições de produção bastante diversas no tempo e no espaço (BROWER et al., 1993; GOLAND, 1993, apud [ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

O emprego de insumos químicos pode reduzir os efeitos dessas variações ambientais, mas tal procedimento, por questões econômicas, é limitado para grande parte dos pequenos agricultores que, em sua maioria, ocupam ambientes marginais.

A exploração e o uso da variação genética representa outra maneira de lidar com as variações e limitações ambientais e reduzir os riscos da produção agrícola, representados não só pelos fatores adversos de clima e solo como também os relativos ao ataque de pragas e doenças, contribuindo para a estabilidade da produção. Isto explica a razão de os pequenos produtores de locais ambientalmente variáveis cultivarem grande número de espécies e variedades, como é descrito por [Brusch \(1991\)](#) para as batatas na região andina.

O caráter de subsistência da pequena produção é outra razão pela qual os agricultores fazem uso da diversidade de cultivos e variedades. As diferentes necessidades em relação à alimentação humana e à animal, às plantas medicinais,

materiais para uso nas construções e as demandas de mercado apenas podem ser supridas com o plantio e a manutenção de diferentes espécies e variedades. Além disso, é importante ressaltar que o rendimento das culturas nas pequenas propriedades não é definido apenas pela produção de grãos, raízes ou tubérculos, mas envolve a consideração do rendimento e do emprego das diferentes partes das plantas, dados os múltiplos usos dos diferentes cultivos (hortaliças, grãos para alimentação e sementes, talos e colmos para alimentação animal) (SMALE; BELLON, 1999 apud [ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

A falta de capital disponível e os riscos fazem da estabilidade de rendimento, adaptação à baixa fertilidade dos solos, resistência a pragas e doenças e da possibilidade de armazenamento de grãos e sementes, importantes características das variedades. A ausência dessas características em variedades pode explicar a rejeição delas por pequenos produtores, mesmo que elas tenham elevada produtividade. Da mesma forma, as tradições, a culinária e outros valores culturais podem fazer com que variedades de alto rendimento não sejam atrativas, por não se adaptarem às preferências dos produtores ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

O melhoramento genético formal, convencional, desenvolvido exclusivamente nos centros de pesquisa e sob condições controladas, concentrou-se no aumento do potencial produtivo das culturas em ambientes favoráveis, com o uso de irrigação e insumos químicos. Dessa forma, as variações ambientais são minimizadas e o ganho genético esperado é elevado. Entretanto, a adaptação às condições de seca, uso secundário e as preferências culturais têm recebido pouca ou nenhuma atenção. Por exemplo, quando variedades de milho melhoradas para elevadas densidades de plantio são plantadas em menores densidades e em condições ambientais menos favoráveis, elas podem apresentar problemas de empalhamento, tornando-as vulneráveis a pragas e às doenças tanto no campo quanto durante seu armazenamento ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

[Almekinders e Elings \(2001\)](#), baseados na área relativamente grande plantada com variedades locais das diferentes culturas, relataram que o melhoramento genético formal não tem sido satisfatório para sistemas de produção que se caracterizam pela diversidade agroecológica e pelo baixo uso de insumos. O melhoramento formal, por razões econômicas, trabalhou com o objetivo de desenvolver variedades amplamente adaptadas e que pudessem ser utilizadas em grandes áreas, não se ocupando de nichos específicos.

Nesse sentido, considera-se que esse tipo de melhoramento não tenha sido efetivo para a maioria dos pequenos produtores que trabalham em ambientes cujos estresses, complexos e extremamente variáveis, têm efeito dominante sobre a performance das culturas.

O procedimento comum no melhoramento convencional de utilizar altos níveis de insumos para minimizar as variações bióticas e abióticas, tendo como alvo sistemas de produção com níveis moderados a altos de uso de insumos, não apenas reduziu a relação entre variância ambiental x variância genotípica em comparação com o pouco uso de insumos, mas também aumentou a discrepância entre as condições de estação experimental e campos de produtores ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)). Os produtos dos programas de melhoramento formal não são, portanto, necessariamente adaptados a ambientes marginais. Sendo os ambientes suficientemente diferentes, a interação genótipo x ambiente pode resultar em diferentes ordens de classificação do germoplasma avaliado ([CECCARELLI et al., 1992](#); [EVANS, 1993](#)). Nesse caso, a seleção feita na estação experimental pode não indicar materiais mais produtivos para as condições específicas das áreas dos produtores.

[Almekinders e Elings \(2001\)](#) ressaltaram que, além das variações nas condições de cultivo, os critérios de seleção contribuem para as diferenças existentes entre os materiais selecionados por melhoristas e produtores. A interação genótipo x ambiente é determinada, normalmente, por um caráter, freqüentemente representado pela produção. Entretanto, a performance total de certo genótipo é determinada por um conjunto de características cuja importância relativa irá determinar a ordem de classificação final.

No melhoramento formal, a importância relativa dos vários caracteres pode ser descrita por um índice de seleção ([LIN, 1978](#)), e a rejeição de determinadas variedades pode indicar que o índice de seleção usado por melhoristas não corresponde às prioridades dos produtores. Isto se explica pelo fato de os produtores atentarem não só para a estabilidade de produção, mas também para caracteres de qualidade e usos secundários ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)). Devido a outros critérios que, além do rendimento, constituem fatores importantes na adoção e/ou rejeição de variedades, há a necessidade de incluí-los nas análises de interação genótipo x ambiente no melhoramento formal. Nesse sentido, [Almekinders e Elings \(2001\)](#) preconizam a distinção entre interação genótipo x ambiente “sentido restrito” somente para rendimento e

interação genótipo x ambiente “sentido amplo” para a ordem de classificação baseada na performance total e índice de seleção.

Uma vez que existe pouca variação nos ambientes de seleção em que o melhoramento formal é conduzido, materiais com baixa estabilidade de rendimento em outros ambientes podem ser selecionados. Conseqüentemente, haverá nichos ambientais que não serão atendidos por materiais genéticos oriundos do melhoramento formal e que, portanto, devem ser supridos por um sistema de melhoramento diferente. Diferentes nichos ambientais podem existir e eles podem ser estáveis ou não no tempo e no espaço, mas, em cada caso, as condições de cultivo e/ou as preferências dos agricultores são muito distintas daquelas encontradas nos ambientes que são o alvo dos programas de melhoramento formais, convencionalmente concebidos e realizados. A falta de interesse nesses ambientes específicos não é decorrente de problemas de adaptação de cultivares, mas pelo fato de os nichos serem muito pequenos ou restritos aos objetivos do melhoramento formal ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

Outra característica dos programas formais de melhoramento é a demora para o lançamento de genótipos relativamente pouco homogêneos, considerando que o desenvolvimento de uma nova variedade leva de cinco a dez anos. Um programa de melhoramento trabalha com muitos acessos, heterogêneos ou homogêneos, nos diferentes estágios da seleção e apenas uma parte desse material atinge a fase de testes de campo em ensaios de competição e poucas variedades são lançadas. Materiais que poderiam ter valor para outras condições e preferências são eliminados nesse processo. As variedades lançadas são, em geral, geneticamente uniformes, o que não é uma necessidade para os pequenos produtores. Pelo contrário, os materiais que contêm alguma diversidade genética podem ser mais úteis em ambientes variáveis e heterogêneos, possuindo maior potencial de adaptação. Os requerimentos de registro e proteção de variedades também retardam o lançamento das variedades, além de envolverem custos ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

Paralelo ao reconhecimento das limitações do melhoramento formal no desenvolvimento e no fornecimento de diversidade genética vegetal para os produtores de ambientes marginais, o reconhecimento do valor dos agricultores nas práticas de seleção e desenvolvimento dos cultivos locais tem aumentado consideravelmente ([ALMEKINDERS et al., 1994](#)).

O manejo da diversidade genética conduzido pelos agricultores pode ser visto como um sistema local em que eles produzem as sementes, mantêm e desenvolvem as variedades adaptadas. Isso resulta em uma conservação *in situ* dinâmica de diferentes culturas e variedades. O uso da diversidade genética pelos agricultores varia para cada cultura e pode incluir variedades locais e/ou melhoradas. As práticas de aquisição de sementes (compra, troca, sementes de “paiol”) também variam entre as espécies e variedades, e, atualmente, grande parte dos pequenos produtores dos países em desenvolvimento faz uso de sementes colhidas no ano anterior (sementes de “paiol”) ou adquiridas de familiares, amigos, vizinhos e outros ([ALMEKINDERS et al., 1994](#)).

A conservação e o uso de sementes pelo agricultor envolvem a colheita, a seleção e o armazenamento. O manejo das sementes pelos produtores é a chave do melhoramento e do desenvolvimento local da adaptação, ocorrendo simultaneamente à conservação da biodiversidade. Nova diversidade genética é introduzida no sistema por meio de novos lotes de sementes ou de mutação e hibridização, ou ainda por cruzamentos interespecíficos com parentais selvagens ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

A troca de sementes entre agricultores também constitui elemento importante nos sistemas locais de sementes. Proporciona aos produtores acesso à semente quando elas não podem ser mantidas pelos próprios produtores ou quando essa manutenção se degenerou, além de trazer nova diversidade genética ([ALMEKINDERS et al., 1994](#)). É interessante observar, em relação aos agricultores mais pobres que estes, embora tenham demonstrado sua eficiência da difusão de variedades, enfrentam dificuldades de acesso às fontes locais de sementes, bem como em guardar as sementes de suas próprias colheitas devido à grande vulnerabilidade socioeconômica a que estão sujeitos ([ALMEKINDERS; ELINGS, 2001](#)).

Os sistemas locais (agricultores) e formais (pesquisa pública) são, portanto, complementares, sendo inquestionável que a importância dos primeiros : provêm sementes à maioria dos produtores, mantêm e desenvolvem mais variedades que o setor formal, além de conservarem elevados níveis de diversidade genética. [Almekinders e Elings \(2001\)](#) relatam vários estudos que mostram a atuação de produtores na domesticação, adaptação, introdução de novos materiais, conservação de germoplasma e seleção de variedades.

Variedade “Sol da Manhã” – Um Exemplo Concreto de Melhoramento Participativo para Eficiência Nutricional

Na maioria das comunidades agrícolas brasileiras, a baixa disponibilidade e eficiência de uso do nitrogênio (N) limitam o crescimento e a produtividade do milho mais do que qualquer outro nutriente. Devido ao elevado custo do fertilizante nitrogenado que representa cerca de 40% dos custos totais de produção do milho, os pequenos produtores brasileiros não aplicam esse insumo, o que leva a níveis de produtividade baixos (1000 a 2000 kg ha⁻¹), além de reduzir a qualidade dos grãos ([MACHADO; FERNANDES, 2001](#)).

Os fertilizantes nitrogenados representam também grande fonte de poluição ambiental resultante da atividade agrícola, uma vez que menos de 50% do N aplicado é absorvido pelas plantas ([PRASAD et al., 1971](#)). A lixiviação de nitrato e as perdas de N na forma de N₂, N₂O e outros óxidos são responsáveis pela baixa eficiência de uso do N (EUN).

A seleção e o uso de variedades de elevada EUN representam alternativa para minimizar o efeito da disponibilidade limitada de N na produção de milho em comunidades de pequenos produtores rurais. Nesse sentido, a variedade de milho “Sol da Manhã” é resultado de um dos trabalhos pioneiros em melhoramento participativo, fruto de uma experiência realizada junto a um grupo de agricultores do Assentamento “Sol da Manhã”, que se localiza na região da Baixada Fluminense, no Município de Seropédica, RJ, onde a principal limitação nutricional é representada pelos baixos teores de N dos solos.

“Sol da Manhã” é o nome de uma comunidade de pequenos agricultores, situada no Município de Seropédica, RJ, muito próxima de áreas urbanas, localizando-se a menos de 70 km da cidade do Rio de Janeiro. A região possui sérios problemas econômicos e sociais, sendo extremamente pobre. O clima é caracterizado por temperaturas elevadas que atingem cerca de 42 °C no verão, e por distribuição de chuvas bastante irregular. Os principais fatores limitantes à produção agrícola são o excesso ou a falta de água, pH baixo, baixos teores disponíveis de fósforo (P) e N e presença de alumínio (Al) em níveis tóxicos. Na área onde está localizada essa comunidade predominam solos arenosos, com baixos níveis de matéria orgânica e ocorreu, ao longo do tempo, acentuada

degradação da variabilidade genética, uma vez que as antigas variedades de milho cultivadas pelos agricultores não eram mais encontradas na região.

Em 1984, um programa de reforma agrária resultou no assentamento de pequenos produtores que constituem essa comunidade. Ao final do ano de seu estabelecimento, representantes da comunidade buscaram apoio técnico de pesquisadores e professores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e da Embrapa Agrobiologia para a implementação de sistemas de produção sustentável na área do assentamento.

Dois pontos fundamentais foram identificados como os principais limitantes ao desenvolvimento da agricultura na comunidade: (1) elevada erosão genética causada pela perda de germoplasma local e (2) baixa fertilidade dos solos em termos de disponibilidade de N. Desta forma, em conjunto com a comunidade, implementou-se um programa de pesquisa participativa denominado “manejo da diversidade genética de plantas em áreas com baixa disponibilidade de N”. Entre as várias espécies de plantas essenciais para o projeto, o milho foi escolhido pela comunidade por causa do preço de mercado e devido à perda de variedades adaptadas às condições ambientais daquela região. O principal objetivo do programa foi melhorar variedades de milho com o intuito de promover maior rendimento de grãos e eficiência no uso de N, utilizando estratégias de melhoramento participativo de plantas, a fim de possibilitar a sobrevivência dos pequenos produtores em áreas com baixa disponibilidade de N.

A primeira etapa do processo de seleção foi a avaliação *on farm* em 1985, de 16 variedades de milho com boa tolerância a baixos teores de N do solo, oriundas de quatro grupos de germoplasma. Os produtores da comunidade participaram ativamente da avaliação, sendo responsáveis pela escolha das melhores variedades baseando-se na produtividade delas. Os quatro grupos de germoplasma avaliados foram: (1) Tuxpan, caracterizado por grãos brancos e amarelos e endosperma do tipo dentado; é um dos tipos dentados do sul dos Estados Unidos, constituindo um dos parentais que deram origem aos dentados do *Corn Belt*; (2) Tuxpeño, caracterizado por grãos brancos e amarelos e endosperma do tipo dentado; constitui importante raça da costa do Golfo e das regiões de menor elevação do México; (3) Flints do Caribe, de grãos alaranjados, vermelhos e brancos e endosperma do tipo duro (flint), representando um germoplasma importante da América Latina, e (4) Cateto, caracterizado por grãos vermelhos e endosperma duro, originário da América do Sul.

Nesta avaliação das 16 variedades, “Sol da Manhã”, então denominada “Nitroflint”, foi selecionada como a melhor. Esta variedade foi criada a partir de uma larga base genética, consistindo de 35 populações do Caribe e América do Sul, denominadas germoplasma Cateto, Eto e Duros do Caribe ([MACHADO, 1997](#)) e que foram escolhidas pelo seu potencial produtivo em áreas tropicais. A variedade Sol da Manhã possui endosperma duro a semiduro e grãos de cor alaranjada e sua introdução aumentou a produtividade média de milho na comunidade de 1000 para 2000 kg ha⁻¹. A variedade foi preservada, reproduzida e cultivada pela comunidade para fins comerciais de 1986 a 1992, e, embora nenhum trabalho de melhoramento ao nível de comunidade tenha ocorrido durante esses anos, a manutenção da variedade pelos produtores resultou em várias versões da “Sol da Manhã”.

A partir de 1986, a população foi melhorada por 12 ciclos em solos de fertilidade variável. Esse programa de melhoramento da variedade Sol da Manhã que teve início em 1986 na estação experimental da Embrapa, em Seropédica, RJ levou em consideração as condições de baixa disponibilidade de N existentes na comunidade Sol da Manhã e teve por objetivos preservar a variação genética e as características da variedade.

A variedade foi melhorada em três ciclos de seleção massal, um ciclo de seleção de famílias de meios-irmãos, um ciclo de seleção entre e dentro de famílias de irmãos germanos e um ciclo de seleção de famílias S₁. Os três ciclos de seleção massal envolveram uma população de 3000 plantas cultivadas em 60 linhas de 10 m de comprimento com 60 plantas por linha (depois do desbaste). Seleções foram feitas dentro das linhas e basearam-se no vigor, baixa altura de plantas, sanidade, alta prolificidade, acamamento e quebramento. Uma intensidade de seleção de 20% resultou na seleção de 10 plantas por linha, totalizando 600 plantas. Depois da colheita, só as 300 melhores espigas foram mantidas, de modo que, ao final, a intensidade de seleção foi de 10%. Para garantir uma amostragem balanceada, o mesmo número de sementes foi retirado de cada espiga (aproximadamente 50 sementes por espiga). Os ciclos subseqüentes de seleção de famílias foram todos baseados em 200 famílias (para todos os três tipos de seleção de famílias), a partir daí 30 famílias foram selecionadas (intensidade de seleção de 15%) e recombinadas.

A “versão Embrapa” da variedade Sol da Manhã foi introduzida na comunidade em 1992 e foi submetida a seis ciclos de seleção massal pelos agricultores, o

que levou a um aumento de produtividade de 2000 para 4000 t ha⁻¹. Um grupo de produtores se responsabilizou pelo processo de melhoramento, com a supervisão e orientação técnica de um melhorista. Pesquisadores da Embrapa caracterizaram o solo, o clima e a disponibilidade de água na área do assentamento. Observou-se uma concentração de NH₄⁺ mais elevada nos solos em relação ao NO₃⁻, e a presença de organismos fixadores de N associados às raízes das plantas também foi detectada. Os membros da comunidade ficaram responsáveis pela classificação e escolha de áreas com deficiência de N, e os produtores foram divididos em grupos que se responsabilizaram pela seleção sob determinado nível ou tipo de suprimento de N (fontes orgânicas, fertilizante químico). A seleção foi feita em áreas de cinco produtores e na estação experimental da Embrapa. A disponibilidade de N dos solos diferiu entre os locais e foi definida de acordo com as práticas agrônomicas, variando de baixa a alta disponibilidade de N e de nenhuma aplicação de N à aplicação de fertilizantes nitrogenados orgânicos ou minerais. Adotou-se a seleção massal estratificada por local a fim de evitar a perda de plantas ou espigas que poderia ocorrer em função das condições de estresse que comprometeria o processo de seleção de um ou mais produtores. Tal procedimento visou também à manutenção do maior tamanho efetivo populacional.

As sementes selecionadas foram misturadas ao final de um ciclo de seleção e, como cada um dos seis locais forneceu 100 sementes de suas 40 melhores espigas, isto resultou em uma mistura de 24.000 sementes de 240 espigas por ciclo de seleção.

Na seleção para alta EUN, as plantas de coloração verde-escura mais acentuada foram marcadas por ocasião do florescimento e selecionadas depois da colheita. Na colheita, os produtores selecionaram para altura de plantas, acamamento, quebramento, empalhamento, aspecto das plantas e das espigas e produção de grãos. Pelo processo de seleção massal estratificada, a diversidade genética foi mantida e as sementes foram disponibilizadas para multiplicação e uso na comunidade “Sol da Manhã”, bem como para distribuição para outras comunidades, para produção comercial de sementes, bancos de germoplasma e ensaios de avaliação.

Depois de 1992, a seleção massal continuou na estação experimental da Embrapa.

Em 1994, depois de seis ciclos de melhoramento na Embrapa e dois ciclos na comunidade, a variedade Sol da Manhã, na versão da época, foi submetida a ensaios de competição com outras variedades em áreas da comunidade. Nesses ensaios, a variedade Sol da Manhã foi comparada quanto à produção de grãos, acumulação e eficiência ao N com variedades locais, obtidas em várias regiões do Brasil, e com híbridos duplos comerciais ([MACHADO; FERNANDES, 2001](#)).

Os ensaios foram conduzidos em várias situações de disponibilidade de N, quando as variedades foram avaliadas mediante diferentes fontes do nutriente (uréia, esterco de galinha) ou mesmo na ausência de adubação nitrogenada. Em cada situação de disponibilidade de N, determinou-se, no solo, a proporção das formas nítrica e amoniacal e, em cada ensaio, avaliaram-se a produção de grãos e o acúmulo de N nas partes das plantas a fim de se estimar os índices de eficiência a N ([MACHADO; FERNANDES, 2001](#)).

Nesses ensaios, a variedade Sol da Manhã destacou-se nas situações de ausência de adubo nitrogenado, quando a fonte de N utilizada foi o esterco de galinha, além de ter produzido muito bem quando o N foi aplicado em forma de uréia, em dose alta (100 kg N ha⁻¹), apresentando potencial produtivo semelhante ao de materiais desenvolvidos exclusivamente pelos centros de pesquisa ([MACHADO; FERNANDES, 2001](#)).

Para a eficiência ao N, Sol da Manhã foi eficiente tanto para a absorção (estimada pela relação entre a quantidade de N acumulada na planta inteira e a quantidade de N fornecida) quanto para o uso (produção de grãos/N adicionado), independente da forma predominante.

Nesse aspecto, é importante ressaltar que uma preocupação dos pesquisadores quanto ao melhoramento para eficiência no uso de N são as interações entre os baixos teores de N disponível nos solos com outros fatores ambientais, como pH, água, luz e matéria orgânica que influenciam a forma como o N se encontra disponível, NO₃⁻ ou NH₄⁺ ([MACHADO; MAGNAVACA, 1991](#); [MACHADO, 1997](#)). Tais situações podem ter implicações para grande parte do germoplasma de milho que foi selecionado sob condições ambientais favoráveis onde o nitrato é a forma de N predominante ([WARNCKE; BARBER, 1973](#)). Entretanto, existem indicações de que plantas com alta eficiência de uso de N possuem mecanismos de eficiência no uso de NH₄⁺, cuja disponibilidade pode estar associada à diminuição e/ou à perda de atividade das bactérias nitrificadoras sob condições

de estresse ([MACHADO, 1997](#)). Esta pode ser a razão pela qual a variedade Sol da Manhã tenha prevalecido nos ensaios de campo conduzidos na comunidade.

O objetivo do melhoramento para eficiência a N, portanto, deve ser a obtenção de variedades eficientes tanto no uso de NO_3^- como de NH_4^+ , trabalhando com a hipótese de que uma variedade, com elevada eficiência de uso de N, dispõe de mecanismos para a absorção e utilização de ambas as formas de N em solos com alta ou baixa disponibilidade do nutriente. Nesse sentido, a estratégia de melhoramento da variedade Sol da Manhã foi selecioná-la em vários ambientes, caracterizados por níveis alto e baixo de N disponível no solo, aplicado como fertilizante orgânico (onde NH_4^+ pode predominar) ou inorgânico (onde NO_3^- pode predominar).

Outros estudos mais específicos foram realizados com a finalidade de confirmar a eficiência da variedade Sol da Manhã no uso de NH_4^+ . Em um desses estudos, conduzido em condições controladas em casa de vegetação, subpopulações da variedade Sol da Manhã (constituídas por famílias endogâmicas S1) foram avaliadas em regimes diferenciados de adubação nitrogenada, no que se refere a doses e à combinação das formas nítrica e amoniacal ([MACHADO et al., 2001](#)). Nesse estudo avaliaram-se subpopulações contrastantes (definidas em função da produção de grãos em ensaios de campo) quanto à atividade de enzimas do metabolismo do N, definidas como valiosos parâmetros bioquímicos para seleção de genótipos eficientes no uso de N. As melhores subpopulações apresentaram alta atividade da enzima glutamina sintetase (GS), responsável pela assimilação da amônia. Essa alta atividade da GS pode indicar que plantas eficientes ao N são aquelas que dispõem de mecanismos para o uso eficiente da amônia, por meio do sistema GS/GOGAT (glutamina sintetase/glutamato sintase). Com base neste estudo, depreendeu-se que a atividade da GS pode ser importante parâmetro bioquímico para uso em programas de melhoramento quando a forma de N predominante é a amoniacal.

Uma vez que as sementes dos ciclos de seleção não foram preservadas nesse programa de melhoramento participativo, não foi possível estabelecer o ganho genético nem comparar essa abordagem de melhoramento com o melhoramento formal. Entretanto, as avaliações conduzidas indicaram que a variedade Sol da Manhã foi, na maioria das vezes, a melhor variedade sob condições ambientais locais, caracterizando-se como eficiente na absorção e uso de N. Isto indica a efetividade do melhoramento vegetal participativo.

A variedade Sol da Manhã foi submetida a todos os trâmites e avaliações necessários (ensaios nacionais, caracterizações) e foi lançada em 1998, sendo, atualmente uma das variedades mais comercializadas no País.

Considerações Finais

Existe, atualmente, grande reconhecimento da importância das comunidades agrícolas e indígenas na conservação e no uso da diversidade biológica e essa valorização deve ser cada vez maior, dada a contribuição desses atores. Esse princípio é um aspecto importante da Convenção da Diversidade Biológica (CBD), e é apoiado pela FAO por meio do “Direito dos Agricultores” estabelecido pela Comissão sobre Recursos Genéticos para Alimentação e Agricultura.

As atividades inovadoras dos agricultores relacionadas ao desenvolvimento de variedades e a outros métodos de manejo, incluindo o uso e a conservação da diversidade genética de plantas representadas pelas inúmeras variedades locais, são bastante relatadas e reconhecidas hoje. É importante ressaltar que esse manejo da diversidade envolve também o resgate da cultura dos povos e o profundo conhecimento dos seus ecossistemas, essencial para a adaptação dos materiais genéticos.

Nesse sentido, o melhoramento participativo, como componente do manejo da agrobiodiversidade, exerce papel fundamental no desenvolvimento sustentável das comunidades rurais.

Referências Bibliográficas

ALMEKINDERS, C. J. M.; ELINGS, A. Collaboration of farmers and breeders: Participatory crop improvement in perspective. **Euphytica**, Dordrecht, v. 122, n. 3, p. 425-438, 2001.

ALMEKINDERS, C. J. M.; LOUWAARS, N. P.; DE BRUIJIN, G. H. Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. **Euphytica**, Dordrecht, v. 78, p. 207-216, 1994.

BAHIA-FILHO, A. F. C.; MAGNAVACA, R.; SCHAFFERT, R. E.; ALVES, V. M. C. Identification, utilization and economic impact of maize germplasm tolerant to low levels of phosphorus and toxic levels of exchangeable aluminium in Brazilian soils. In: PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH: SUSTAINABLE

- AGRICULTURE AND FORESTRY PRODUCTION. 1997, Belo Horizonte. **Proceedings...** Campinas: Brazilian Soil Science Society, 1997. p. 59-72.
- BRUSCH, S. B. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. **Economic Botany**, New York, v. 45, p. 153-165, 1991.
- CECCARELLI, S.; GRANDO, S.; HAMBLIN, J. Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environments. **Euphytica**, Dordrecht, v. 64, p. 49-58, 1992.
- CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH. **Crossing perspectives: farmers and scientists in participatory plant breeding.** Program on Participatory Research and Gender Analysis (PRGA). Cali, 1999a. 49 p.
- CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH. Systemwide Program on Participatory Research and Gender Analysis for Technology Development and Institutional Innovation (PRGA Program). **Annual Report.** Cali, 1999b.
- ELINGS, A. **Some theory and practice of participatory variety selection and plant breeding.** Wageningen: CBDC: CGN, 1999. 103 p.
- EVANS, L. T. **Crop evolution, adaptation and yield.** Cambridge: Cambridge University Press. 1993. 500 p.
- FOY, C. D. Role of the soil scientist in genetic improvement of plants for problem soils. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESS, 1994. **Proceedings...** Lincoln: INTSORMIL, 1994. p. 185-205. (INTSORMIL Pub. N.94-2).
- FOY, C. D. Tailoring plants to fit problem soils – progress and problems for future research. In: PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH: SUSTAINABLE AGRICULTURE AND FORESTRY PRODUCTION. 1997, Belo Horizonte. **Proceedings...** Campinas: Brazilian Soil Science Society, 1997. p. 55-57.
- GABELMAN, W. H.; GERLOFF, G. C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 72, p. 335-350, 1983.
- GERLOFF, G. C. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus and potassium. In: PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS, 1976, Beltsville. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1976. p. 161-173.

GRUPO CONSULTIVO PARALA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA INTERNACIONAL.

Pautas para desarrollar programas de fitomejoramiento participativo: Programa del sistema del GCIAl sobre investigación participativa y analisis del papel del hombre y la mujer en el desarrollo de tecnologías y en la innovacion institucional (PRGA). Versión preliminar 2. [S.l.], 1999. 45 p.

KELTJENS, W. C. Plant adaptation and tolerance to acid soils; its possible AI avoidance – A review. In: PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH: SUSTAINABLE AGRICULTURE AND FORESTRY PRODUCTION. 1997, Belo Horizonte. **Proceedings...** Campinas: Brazilian Soil Science Society, 1997. p. 109-120.

LEWIS, C. F. Overview and evaluation. In: PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS, 1976, Beltsville. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1976. p. 107-123.

LIN, C.Y. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 52, p. 49-56, 1978.

MACHADO, A. T. Construção de um novo paradigma científico. In: SOARES, A. C.; MACHADO, A. T.; SILVA, B. M.; WEID, J. M. von der. (Org.). **Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998a. p. 135-137.

MACHADO, A.T. Histórico do melhoramento genético realizado pelas instituições públicas e privadas no Brasil: um enfoque crítico. In: SOARES, A. C.; MACHADO, A. T.; SILVA, B. M.; WEID, J. M. von der. (Org.). **Milho Crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998b. p. 32-42.

MACHADO, A. T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays* L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio**. 219 f. 1997. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MACHADO, A. T.; FERNANDES, M. S. Participatory maize breeding for low nitrogen tolerance. **Euphytica**, Dordrecht, v. 122, n. 3, p. 567-573, 2001.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. T.; COELHO, C. H. M.; ARCANJO, J. N. **Manejo da diversidade genética do milho e melhoramento participativo em comunidades agrícolas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 22 p.

MACHADO, A. T.; MAGALHÃES, J. R. Melhoramento de milho para uso eficiente de nitrogênio em diferentes condições de estresse. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: o milho em perspectiva. 1992, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. p. 321-343.

MACHADO, A. T.; MAGALHÃES, J. R.; MAGNAVACA, R.; ROCHA, M. S. Determinação da atividade de enzimas envolvidas no metabolismo do nitrogênio em diferentes genótipos de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 45-47, 1992.

MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R. **Estresse ambiental**: o milho em perspectiva. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1991. 47 p.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; DÖBEREINER, J.; REIS, V. M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 961-970, 1998.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; PATERNIANI, E.; FERNANDES, M. S. Nitrate reductase and glutamine synthetase activities in S1 endogamic families of the maize populations Sol da Manhã and Catetão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 88-102, 2001.

MAGALHÃES, J. R.; MACHADO, A. T. Utilização de parâmetros bioquímicos na seleção de milho para eficiência na assimilação de nitrogênio sob condições de estresse. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: o milho em perspectiva. 1992, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. p. 345-367.

PRASAD, R.; RAJALE, G. B.; LEKHADIVE, B. A. Nitrification retarders and slow release nitrogen fertilizers. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 23, p. 337-383, 1971.

SIMPÓSIO INTERNACIONAL Y TALLERES SOBRE FITOMEJORAMIENTO PARTICIPATIVO EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE: Un Intercambio de Experiências. **Resúmenes de Presentaciones**. Quito, Ecuador: PRGA, 1999. 56 p.

SPERLING, L.; ASHBY, J. A.; SMITH, M. E.; WELTZIEN, E.; McGUIRE, S. A framework for analyzing participatory plant breeding approaches and results. **Euphytica**, Dordrecht, v. 122, n. 3, p. 439-450, 2001.

STANGEL, P. J. World fertilizer reserves in relation to future demand. In: PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS. 1976, Beltsville. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1976. p. 31-51.

SUGIYAMA, T.; SUGIHARTO, B. B.; SUZUKI, I. Carbon metabolism relating to environmental stress: nitrogen dependent regulation of gene expression for carbon assimilating enzymes in maize. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: o milho em perspectiva. 1992, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. p. 147-162.

WARNCKE, D. D.; BARBER, S. A. Ammonium and nitrate uptake by corn (*Zea mays* L.) as influenced by nitrogen concentration and $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ ratio. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, p. 950-953, 1973.

WELTZIEN, E. Supporting farmers' genetic resource management: experiences with pearl millet in India. In: ALMEKINDERS, C.; DE BOEF, W. (Ed.). **Encouraging Diversity: The conservation and development of plant genetic resources**. London: Intermediate Technology, 2000 p. 189-193.

WITCOMBE, J. R.; JOSHI, A.; JOSHI, K. D.; STHAPIT, B. R. Farmer participatory crop improvement. I. Varietal selection and plant breeding methods and their impact on biodiversity. **Experimental Agriculture**, Cambridge, New York, v. 32, p. 445-460, 1996.

WORKSHOP ON BREEDING FOR LOW INPUT CONDITIONS AND CONSEQUENCES FOR PARTICIPATORY PLANT BREEDING. **Summary Proceedings**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1999. 42 p.

WORKSHOP: Towards a Synthesis between Crop Conservation and Development, 1997. **Proceedings...** Wageningen: CBDC-ITP, 1998.

WRIGHT, M. J.; FERRARI, S. A. (Ed.). Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Ithaca, NY: Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., 1976. 420 p. Special Publication.

Participatory Plant Breeding with Emphasis to Nutritional Efficiency

Abstract – *Participatory plant breeding uses a concept that joint formal (official researches institutions) and informal sector (farmers communities), combining the capabilities and the knowledge of both, and farmer’s experiences, practices, and preferences. The goal is to join the yield improvement exploring the available farmers’ agrobiodiversity and introducing new sources of genetic materials. Another goal is to develop the farmers’ capability to select and to interchange seeds. Generally, participatory breeding has been used in areas under stress conditions. These areas are usually related with agriculture of subsistence, where farmers’ do not have funds to buy seeds, fertilizers, and pesticides. Small farmers need varieties adapted to their specific local conditions and these materials can reduce the cost of production. The objective of this work was to present a review about different approaches in genetic plant breeding and the concept of participatory breeding. Besides, it describes a pioneer work in participatory plant breeding in Brazil carried out with farmers belonging to the settlement “Sol da Manhã” (Seropédica, State of Rio de Janeiro). Low levels of nitrogen in soils are the main local stress condition. The result of this experience was the development and the release of the maize variety “Sol da Manhã”.*

Index terms: participatory research, maize variety, nitrogen efficiency.