

RESISTÊNCIA HORIZONTAL ÀS DOENÇAS E DIVERSIDADE GENÉTICA NO  
MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO NO BRASIL \*

Clibas Vieira\*\*

1. AS VARIEDADES BRASILEIRAS DE FEIJÃO

É grande o número de variedades de feijão em cultivo no País e, a respeito, nenhum levantamento completo foi realizado até o momento. Pode-se aceitar, entretanto, a existência de várias centenas delas. São classificadas em dois grandes grupos comerciais: feijões "de cor" e feijões pretos. No primeiro grupo, são incluídos os amarelos, pardos, arroxeados, "maltinhos", vermelhos e outros, muitas vezes apresentando uma segunda cor, na forma de listras. Os feijões negros são preferidos no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, certas áreas do Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Sudeste de Minas Gerais. Além dessas variedades, há outras de pequeno ou nenhum interesse comercial, mas que, por um motivo ou outro, são mantidas por alguns agricultores, tais como os feijões brancos, bicolores, alaranjados, marmoreados, sarapintados e outros.

Diferentemente do que ocorre em certos países, não há no Brasil uma classificação comercial rígida do feijão, com o estabelecimento de tipos bem padronizados. Aqui, basta que as sementes atendam às exigências do mercado local, no que respeita à cor, tamanho e brilho. Não ficam desmerecidas se apresentam alguma variação no tamanho ou na forma. Este fato, associado à diversidade de preferência dos consumidores, faz com que tenhamos grande número de variedades, muitas vezes apresentando, em maior ou menor grau, mistura com outras variedades da mesma cor. A preferência dos consumidores varia de um lugar para outro, havendo mercados que aceitam os mais diversos tipos de feijões, tais como a Guanabara e o Distrito Fede-

---

\* Aceito para publicação em 14-8-1972.

\*\* Prof. Titular de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa e Pesquisador-Conferencista do Conselho Nacional de Pesquisas.

ral. A maioria, entretanto, especializa-se em determinados tipos, embora da maneira flexível explicada anteriormente. Na Zona da Mata de Minas Gerais, por exemplo, o feijão preto é o tipo preferido da grande maioria; contudo, há razoável procura dos seguintes tipos: manteigão fosco, pardo, mulatinho e avermelhados. O roixinho é preferido no Triângulo Mineiro. O mulatinho, no Sul de Minas Gerais.

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é planta que se originou no Novo Mundo, provavelmente no México, de onde se disseminou. Os europeus já encontraram, cultivados pelos ameríndios, milhares de tipos e variedades que se desenvolveram, através dos séculos, por pressão das necessidades desses povos. Os portugueses, no Brasil, receberam tal material e passaram a cultivá-lo sem nenhuma seleção conscientemente dirigida. Certamente, com o passar do tempo, ocorreram modificações nesse germoplasma motivadas por: (a) cultivos mais intensivos, ocupando maiores áreas; (b) movimentação interna de sementes; (c) introduções de variedades de outros países; (d) hibridações naturais. Por influência desses quatro fatores, foram surgindo novas variedades que, pelo sistema ainda predominante no País, foram sendo submetidas a um processo de seleção natural. Realmente, em cada localidade em que o feijão é cultivado, os fazendeiros possuem suas próprias sementes, que são plantadas ano após ano. Nem sempre são puras. Também é comum o plantio de mais de uma variedade ou aquisição de sementes de vizinhos ou de outra localidade, quando a colheita anterior foi insatisfatória ou quando há desejo de aumentar a área de plantio. Essas práticas facilitam a mistura de variedades e a hibridação natural. Evidentemente, nessas populações, os indivíduos mais produtivos tendem a deixar mais descendentes, e, como as doenças influenciam diretamente a produtividade das plantas, qualquer maior resistência aos patógenos é benéfica aos feijoeiros, no processo da seleção natural. Daí a razão das variedades locais apresentarem, em geral, algum grau de resistência às moléstias. Aliás, essa convivência de *Phaseolus vulgaris* com os patógenos, principalmente com os específicos dessa espécie, como os causadores da ferrugem, da antracose e outros, vem da mais remota antiguidade. Realmente, eles evoluíram juntos, estabelecendo um equilíbrio que lhes permitiu a convivência. É evidente que o processo descrito criou, no Brasil, populações naturalmente selecionadas, uma gigantesca fonte de germoplasma de valor inestimável.

O Ministério da Agricultura, por indicação da Comissão Nacional de Feijão, tem recomendado o plantio das seguintes variedades de feijão-comum: (a) Rio Grande do Sul - 'Rico 23' e 'Cuva 168-N'; (b) Santa Catarina - 'Rico 23'; (c) Sul e Oeste do Paraná - 'Rico 23' e 'S-89-N'; (d) São Paulo - 'Rosinha G-2', 'Bico de Ouro', 'Carioca' e 'Goiano Precoce'; (e) Rio de

Janeiro e Espírito Santo - 'Rico 23', 'Preto 143' e 'Venezuela 350'; (f) Minas Gerais - 'Rico 23', 'Mulatinho Paulista' e 'Pintado'; (g) Goiás - 'Rico 23'; (h) Região de Irecê na Bahia - 'Mulatinho Vagem Branca' e 'Mulatinho Vagem Roxa'; (i) Região de Tucano na Bahia - 'Favinha'; (j) Pernambuco - 'Mulatinho Vagem Roxa', 'L-3-0-50' e 'Rim de Porco'. Portanto, tão-somente 17 variedades ao todo, sendo que, para alguns estados, são indicadas apenas uma ou duas variedades.

O que sucederia se todos os agricultores plantassem apenas as variedades superiores recomendadas pela Comissão Nacional de Feijão? Obviamente, a questão é de caráter especulativo, porquanto são semeados no Brasil, anualmente, cerca de 3.500.000 hectares de feijão, que exigem bem mais de três milhões de sacas de sementes por ano, demanda que estamos longe de atender, visto que a produção de sementes melhoradas está apenas começando, em escala ainda modesta.

A resposta é que haveria um aumento no rendimento da cultura, permitindo-nos ultrapassar, apreciavelmente, a marca de 600-700 kg/ha, a média nacional nos últimos anos, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Porém, como esse incremento seria conseguido à custa da eliminação de centenas e centenas de variedades comuns, substituídas por algumas comprovadamente produtivas, as consequências, após algum tempo, seriam desfavoráveis. É o que procuraremos mostrar, discutindo não a eliminação de valioso germoplasma que pode ser preservado indefinidamente em câmaras especiais, mas sim as consequências práticas de campo, em relação às doenças.

## 2. RESISTÊNCIA VERTICAL E HORIZONTAL

Antes de prosseguirmos, é necessário explicar o que se entende por resistência vertical e horizontal às enfermidades, terminologia cunhada por VAN DER PLANK (16).

Quando uma variedade é mais resistente a algumas raças fisiológicas do patógeno do que a outras, a resistência é denominada *vertical* ou *perpendicular*. Em outras palavras, na resistência vertical ocorre uma interação diferencial entre as variedades do hospedeiro e raças do patógeno. Quando, por outro lado, a variedade é igualmente resistente a todas as raças, a resistência é denominada *horizontal* ou *lateral*. Neste caso, portanto, não ocorre a interação diferencial. Resumidamente, pode-se dizer que a resistência vertical é específica a certas raças, enquanto a horizontal não o é.

A figura 1 ilustra o caso fictício de duas variedades - A e B -, ambas portadoras de um gene que lhes dá resistência vertical às raças *a*, *c*, *d* e *h*. Com relação às outras raças, às quais o referido gene não confere resistência, a variedade A mostra maior resistência horizontal do que a B.

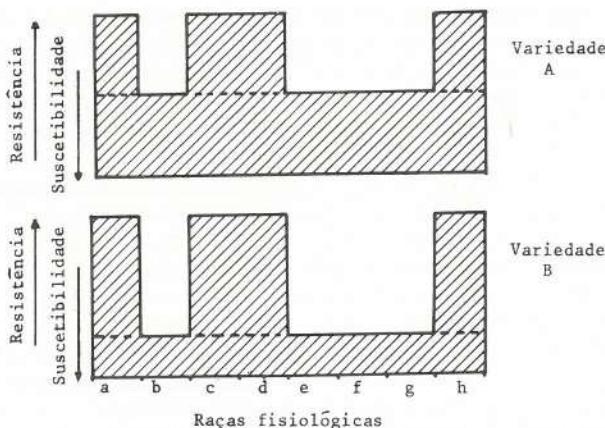


FIGURA 1 - Resistência de duas variedades a 8 raças fisiológicas de um patógeno. A resistência, mostrada pelo hachurado, é vertical às raças *a*, *c*, *d* e *h*. As demais raças, a resistência horizontal, cujos níveis são indicados pela linha tracejada, é apreciável na variedade A e pequena na B.

Provavelmente, a resistência vertical nunca está desacompanhada da horizontal, porém poderá ocorrer o inverso. Realmente, é difícil conceber uma variedade que, despida de toda resistência vertical, apresentasse resistência horizontal nula; seria a completa suscetibilidade, e a planta atuaria como meio de cultura ideal para o patógeno.

A resistência horizontal é, por muitos, denominada *resistência de campo*, estando sob o controle de muitos genes, que se complementam mutuamente no controle da doença. Esta natureza poligênica seria responsável pela maior estabilidade da resistência de campo, quando comparada à vertical.

Usualmente condicionada por oligogenes, a resistência vertical, por outro lado, é instável, tem valor transitório. Novas raças dos fungos fitopatogênicos estão sempre surgindo, por força de mecanismos como a mutação, a hibridação, a heterocariorose ou o parassexualismo. As novas raças tornam as variedades resistentes novamente suscetíveis, por faltar a estas o correspondente gene para resistência. Variedade que é desenvolvida com base na resistência vertical é, inicialmente, resistente aos patógenos, característica que, rapidamente, a torna popular entre os agricultores; com a popularidade vêm as grandes áreas de plantio e, com estas, o aumento das raças virulentas; finalmente, a abundância de raças virulentas acaba por destruir a resistência vertical. Verifica-se, portanto, conforme acentua VAN DER PLANK (16), que "o aumento de popula-

ridade de uma variedade entre os fazendeiros pode ser um processo autodestrutivo, quando essa popularidade depende da resistência vertical". A instabilidade e insegurança trazida por este tipo de resistência tem motivado maior atenção pela resistência horizontal, menos espetacular, porém mais permanente.

Exemplos sobre a instabilidade da resistência vertical são numerosíssimos. Limitar-nos-emos a citar dois. Em 1845, a Europa foi assolada por um ataque epidêmico do fungo *Phytophthora infestans* às culturas de batatinha. Na Irlanda, onde a batatinha constituía alimento básico, o ataque foi tão devastador que as consequências foram trágicas: fome, morte e emigração forçada de milhões de irlandeses. Evidentemente, depois desses eventos, a obtenção de variedades de batatinha resistentes a *P. infestans* passou a ser encarada seriamente. De início, foi dada grande atenção à variação da resistência de campo exibida pelas variedades em cultivo, e, embora nenhuma variedade tenha sido obtida que fosse absolutamente livre do ataque do fungo, muito sucesso prático foi obtido neste tipo de trabalho (15). Entretanto, com a descoberta dos genes *R* de *Solanum demissum*, os melhoristas de todo o mundo procuraram utilizá-los e, inicialmente, as variedades derivadas de *S. demissum* pareciam inteiramente imunes. Cedo, porém, descobriu-se que a resistência vertical condicionada pelos genes *R* não era estável, dada a extrema mutabilidade para patogenicidade apresentada por *P. infestans*.

Outro exemplo é o da obtenção de variedades de trigo resistentes às ferrugens. Com o emprego da resistência vertical, o trabalho de criar tais variedades tem exigido esforço contínuo dos fitomelhoristas, porque novas raças dos patógenos estão sempre surgindo, e as variedades de trigo nunca são resistentes a todas. Na tentativa de controlá-las, os melhoristas lançam variedades com a adequada fonte de resistência às raças prevalecentes; alguns anos depois, entretanto, essas variedades também se mostram impotentes no controle das novas raças que surgem e que passam a prevalecer; novas variedades são lançadas e, assim, prossegue a luta contra a doença. Em 1965, BORLAUG (2) informava que a vida útil média das variedades de trigo resistentes à ferrugem era de apenas quatro anos, no México, e de cinco anos, na Colômbia. Nas zonas temperadas da América do Norte, a vida útil das variedades é, geralmente, três vezes mais longa do que nesses países, por motivos ligados às condições climáticas.

### 3. A NECESSIDADE DA VARIABILIDADE GENÉTICA

Antes de voltarmos novamente à cultura do feijão, algo será dito a respeito do perigo do uso de variedades formadas por

uma única linha pura. Tais variedades constituem forte atração para os fitomelhoristas, por causa da beleza que exibem em sua extrema uniformidade. Nos países de agricultura adiantada, receberam e ainda continuam recebendo forte atenção, porque, realmente, o seu alto grau de uniformidade oferece uma série de vantagens; para o agricultor, facilita ou possibilita a colheita mecânica, além de favorecer a comercialização e apresentar outras vantagens; para a indústria, um produto uniforme é altamente desejável; para o consumidor, é mais atrativo. Entretanto, quando uma cultura é biologicamente homogênea ou se aproxima de tal situação, e ocupa grandes áreas de plantio, corre o grave perigo de ataques epidêmicos de algum parasita, cujos efeitos podem ser desastrosos. Um parasita somente causa epidemias quando encontra um hospedeiro suscetível ocupando extensas áreas de plantio. Populações biologicamente homogêneas ou uniformes, estritamente falando, são as variedades clonais, isto é, provenientes da multiplicação assexual de apenas um indivíduo, as linhas puras de culturas autógamas e as linhagens autofecundadas de culturas alógamas. São também consideradas como tais, embora de modo menos estrito, o conjunto de variedades, plantado em determinada área, que possuem em comum algumas características, como, por exemplo, a mesma fonte de resistência a determinada doença ou o mesmo tipo de cítoplasma para esterilidade masculina.

STEVENS (13), JENSEN (7), VAN DER PLANK (16), BROWNING e FREY (3), PADDOCK (11), SUNESON (14) e ADAMS *et al.* (1), entre outros, são autores que reconhecem o perigo da falta de diversidade genética nas culturas. É sintomático que a grita contra a pureza varietal parta sobretudo de países bem dotados de fitomelhoristas, com diversos e ativos programas de melhoramento genético, e que já lançaram variedades altamente selecionadas. Com a experiência adquirida, com os sucessos e insucessos obtidos, concluíram que as variedades "puras", com resistência vertical, devem ser substituídas por outras, menos uniformes, porém com resistência mais duradoura. Quase sempre, na criação dessas variedades altamente melhoradas, a resistência horizontal não era levada em consideração, perdendo-se, em grande parte, nos diversos cruzamentos e retrocruzamentos realizados, tal o fascínio exercido pela resistência vertical. É fácil de entender porque os oligogenes responsáveis pela resistência vertical têm sido usados tão largamente pelos melhoristas: são mais fáceis de "manipular", tanto nas estufas de vidro como no campo, comportam-se de modo superior nos ensaios comparativos de variedades e, para muitos, sempre há a esperança de ser encontrado um gene para resistência, cujo efeito não seja efêmero. No mundo subdesenvolvido, observa-se que ocorre algum grau de proteção contra as doenças por causa da multiplicidade de tipos que podem ser encontrados nas culturas

não melhoradas. Aliás, epidemias de doenças, tão familiares na agricultura moderna, raramente ocorrem na natureza; elas são causadas principalmente pela interferência do homem. Em suma, a diversidade genética (e também a resistência horizontal) impede ataques devastadores de doenças e cria um efeito estabilizador sobre elas. Tais observações levam à conclusão de que a associação da resistência vertical com a horizontal e a diversidade genética são ingredientes ponderáveis nos programas de melhoramento, ingredientes bem mais importantes do que se supunha.

Exemplos de desastres causados pela homogeneidade genética são numerosos. Há cerca de 40 anos, nos E.U.A., foi descoberto que a variedade 'Hope' de trigo possuía resistência à ferrugem-do-colmo, que parecia resolver esse problema. Em pouco tempo, as diferentes variedades de trigo de toda a região oeste americana, do Texas ao Dakota do Norte, dependiam principalmente do "gene Hope" para proteção contra a doença. Aproximadamente em 1950, surge nessa região a raça 15B da ferrugem-do-colmo, altamente virulenta às variedades que carregavam o "gene Hope". Como o trigo na região era uniformemente suscetível, a nova raça não teve dificuldade em disseminar-se, ocasionando prejuízos consideráveis, enquanto os melhoristas, diligentemente, procuravam incorporar no trigo o gene para resistência à raça 15B, encontrado em material oriundo de Quênia.

Exemplo recente, ocorrido inclusive no Brasil, é o do milho macho-estéril. Os melhoristas, no afã de facilitar o cruzamento de linhagens autofecundadas de milho, na produção de sementes híbridas, incorporaram em determinadas linhagens o citoplasma tipo Texas (T) para esterilidade masculina (há outros tipos menos eficientes). Genes para restauração da fertilidade, encontrados em diversas variedades de milho, foram incorporados em outras linhagens. Possuindo tal material, ou seja, linhagens com pólen estéril e linhagens com a capacidade de restaurar-lhes a fertilidade, o milho híbrido pode ser produzido sem a necessidade do afanoso despodoamento manual das linhas fêmeas. Um sistema tão eficiente divulgou-se rapidamente. Quando, recentemente, surgiu a virulenta raça T do fungo *Helminthosporium maydis*, causador de doença foliar, ela pode disseminar-se rapidamente nas plantações de milho híbrido com citoplasma T. Assim, somente depois de amplamente usado, foi que se descobriu que a introdução do citoplasma T no milho aumenta-lhe a suscetibilidade àquele fungo. O desastre, neste exemplo, foi causado pela uniformidade citoplasmática, utilizada ao lado de diversidade genética.

Voltamos, agora, novamente ao feijão. WELLHAUSEN (21), SHANDS *et al.* (12) e VIEIRA e WILKINSON (20) são os autores que chamaram a atenção sobre o perigo da falta de diversidade

genética, na cultura do feijão na América Latina (com exceção de WELLHAUSEN, os outros autores trataram especificamente da situação no Brasil, que, basicamente, não difere da do resto da América Latina).

Os programas de melhoramento do feijoeiro, no Brasil, são todos regionais, praticamente inter-independentes, não abrangem toda a área de cultura dessa leguminosa e baseiam-se principalmente na introdução de variedades e em seleções realizadas em material local. Dentre as variedades recomendadas pela Comissão Nacional de Feijão, as seguintes foram introduzidas do exterior: 'Rico 23', 'S-89-N', 'Venezuela 350' e, provavelmente, a 'Preto 143'. As seguintes provieram de material local: 'Carioca', 'Goiano Precoce', 'Mulatinho Paulista', 'Mulatinho Vagem Branca', 'Mulatinho Vagem Roxa' e 'Favinha'. Desconhecemos a origem das demais. É importante assinalar que essas variedades não foram muito "trabalhadas" e todas são, virtualmente, linhas puras.

Essas variedades, comprovadamente produtivas e razoavelmente resistentes às moléstias, ocupam ainda percentagem relativamente pequena da área de plantio. Predominam ainda as inúmeras variedades ditas comuns, aquelas que nunca passaram por um processo conscientemente dirigido de melhoramento. Apesar disso, as doenças do feijão, em geral, não são tão devastadoras como se poderia esperar. Elas aparecem, às vezes quatro ou cinco ao mesmo tempo, algumas variedades são muito prejudicadas, mas a maioria consegue produzir razoavelmente. Temos observado em Viçosa, com a coleção de nosso banco de germoplasma que as variedades latino-americanas - a maioria não selecionada - nunca se mostram tão sensíveis às doenças, como certas variedades melhoradas americanas, algumas das quais chegam a ser desfolhadas pela ferrugem.

Contribuem para esse melhor comportamento de nossas variedades, quando enfrentadas pelas doenças, dois fatores, pelo menos: (a) a maioria apresenta considerável resistência horizontal, provavelmente em razão do modo como se desenvolveram, conforme explicado no início deste trabalho; (b) há larga diversidade genética, mantida pela "impureza" das variedades e pelo grande número de variedades cultivadas.

#### 4. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS DOENÇAS DO FEIJOEIRO NO BRASIL

Antes de prosseguirmos com a questão das variedades, há necessidade de uma descrição breve de algumas características da cultura do feijão no Brasil, no que diz respeito às doenças.

1) As condições locais tornam pequena a possibilidade do uso de outras medidas de controle à maioria das enfermidades, além da resistência varietal. O emprego de rotação geralmente

não é possível, em razão do pequeno tamanho de muitas propriedades agrícolas. O uso de fungicidas não está ao alcance da maioria dos agricultores.

2) Não há nenhum controle na movimentação de sementes, de sorte que o feijão (e os patógenos que ele carrega) pode ser transportado, livremente, para qualquer parte do País. Doenças importantes, como a bacteriose, certas viroses e a antracnose, são transmissíveis pelas sementes.

3) O plantio das "água", em época mais quente e chuvosa, é geralmente mais favorável à antracnose e à podridão causada por *Sclerotium rolfsii*. O plantio da "seca", em época menos quente e menos chuvosa, usualmente é mais favorável à mancha-angular e ao ódio. A ferrugem aparece nas duas épocas por causa de restos culturais infectados e, principalmente, por motivo da grande quantidade de inóculo presente por ocasião do segundo plantio ("seca"). A mancha-gris também ocorre nas duas épocas, atacando as variedades de sementes graúdas - os chamados "manteigões". O ciclo de algumas doenças pode ser interrompido pelo plantio da "seca", permitindo a produção de sementes saudáveis (ocorre com a antracnose, por exemplo).

4) Pelo menos a antracnose e a ferrugem apresentam raças fisiológicas. DIAS e COSTA (6) identificaram, em quatro municípios do Rio Grande do Sul, 15 raças da ferrugem. Em Minas Gerais, em dois municípios da Zona da Mata, JUNQUEIRA NETTO et al. (8) identificaram 26 raças do mesmo patógeno. Quanto à antracnose, KIMATI (9) constatou, em São Paulo, a presença da raça alfa e de outra que talvez seja a delta. No Rio Grande do Sul, foram encontradas as raças alfa, beta e outra do Grupo I Mexicano, sendo que esta também foi encontrada em Santa Catarina (5). Esses levantamentos, todos de caráter preliminar, quase certamente dão apenas uma idéia pálida da real situação no país todo. A enorme extensão territorial do Brasil, sua multiplicidade de climas, suas enormes áreas de plantio de feijão, geralmente com duas semeaduras, e a antiguidade da cultura permitem a suposição de que há um número bem maior de raças da ferrugem e da antracnose. Para comparação, no México já foram registradas 31 raças da ferrugem e 14 da antracnose (19).

Outro problema com as raças é a mudança das que predominam em determinada área, fazendo com que as variedades ora se apresentem mais resistentes, ora mais suscetíveis. O fenômeno é mais facilmente observável com a ferrugem. Nos anos agrícolas de 1970/71 e 1971/72, plantamos, em Viçosa, no campo, as variedades americanas diferenciadoras da ferrugem e mais a 'Rico 23' e a 'Manteigão Fosco 11', a fim de verificar o ataque da ferrugem que sofreriam. Os resultados encontram-se no quadro 1. Não considerando o período da "seca" de 1970/71, ocasião em que a ferrugem praticamente esteve ausente, nota-se que as va-

QUADRO 1 - Ataque da ferrugem a algumas variedades de feijão, em condições de campo, em Viçosa (\*)

| Variedades                         | 1970/71 |        | 1971/72 |        |
|------------------------------------|---------|--------|---------|--------|
|                                    | "Águas" | "Seca" | "Águas" | "Seca" |
| California Small White<br>(nº 643) | ++      | 0      | 0       | 0      |
| Kentucky Wonder<br>(nº 780)        | +++     | 0      | +++     | ++     |
| Kentucky Wonder Wax<br>(nº 765)    | ++      | 0      | 0       | +      |
| I.U. Pinto 111                     | ++++    | 0      | ++++    | ++     |
| Kentucky Wonder<br>(nº 814)        | ++      | 0      | 0       | +      |
| U.S. No. 3                         | +       | 0      | ++      | +      |
| Golden Gate Wax                    | +       | +      | 0       | +      |
| Rico 23                            | ++      | +      | ++      | +      |
| Manteigão Fosco 11                 | +       | 0      | +       | +      |

(\*) 0 - não atacada; + - ataque leve; ++ - ataque moderado;  
+++ - ataque severo; ++++ - ataque muito severo.

riedades diferenciadoras nº 643, 765, 814 e 'Golden Gate Wax' comportaram-se de modo diferente nos outros três plantios, obviamente por causa do ataque de raças diferentes. A 'I.U. Pinto 111', a mais suscetível das variedades de nossa coleção, característica confirmada nas "águas" de 1970/71 e de 1971/72, mostrou-se apenas moderadamente infectada na "seca" do segundo ano agrícola, provavelmente em razão do ataque de raça menos virulenta.

Em área relativamente restrita, podem ocorrer raças distintas, conforme comprova o quadro 2. As três localidades mencionadas no quadro - Coronel Pacheco, Rio Pomba e Viçosa - localizam-se na Zona da Mata de Minas Gerais. Os locais I e II de Viçosa, ambos em terrenos da Universidade Federal, distam entre si cerca de 3,5 km em linha reta. Observa-se, no quadro,

QUADRO 2 - Ataque da ferrugem a algumas variedades de feijão semeadas no campo, em três localidades, no período das "águas" de 1970/71 (\*)

| Variedades                         | Cel.<br>Pacheco | Rio<br>Pomba | Viçosa<br>(I) | Viçosa<br>(II) |
|------------------------------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|
| California Small White<br>(nº 643) | ++              | +            | ++            | +              |
| Kentucky Wonder<br>(nº 780)        | ++              | ++           | +++           | +++            |
| Kentucky Wonder Wax<br>(nº 765)    | ++              | +            | ++            | +              |
| I.U. Pinto 111                     | (**)            | (**)         | ++++          | ++++           |
| Kentucky Wonder<br>(nº 814)        | +               | +            | ++            | +              |
| U.S. No. 3                         | +               | +            | +             | +              |
| Golden Gate Wax                    | +               | +            | +             | +              |
| Rico 23                            | +               | +            | ++            | +              |
| Manteigão Fosco 11                 | 0               | +            | +             | 0              |

(\*) Veja a nota ao pé do quadro 1.

(\*\*) Informação perdida.

que poucas variedades comportaram-se uniformemente nos quatro locais. As diferenças encontradas podem ser atribuídas à ação de raças diferentes. O caso do 'Manteigão Fosco 11' é mais interessante, porquanto não foi atingido pela ferrugem em dois locais, o que mostra perfeita resistência às raças existentes, mas foi levemente atacado nos outros dois locais, onde, ao que tudo indica, as raças eram outras.

##### 5. DIVERSIDADE GENÉTICA NA CULTURA DO FEIJÃO NO BRASIL

Retornemos agora ao problema das variedades. O cultivo exclusivo de uma ou poucas variedades melhoradas, em áreas extensas, iria favorecer e multiplicar os patógenos e as raças que conseguem atacá-las. A situação seria ainda agravada pela

prática generalizada de dois plantios por ano agrícola, o que permite a manutenção de hospedeiros no campo durante cerca de nove meses, de setembro ou outubro até junho. A pureza das variedades seria outro fator de agravamento. A alternativa contra tal situação seria a diversificação. Ela pode ser de natureza intervarietal, ou seja, obtida pela rotação de variedades ou pelo plantio simultâneo de diferentes variedades, ou intravarietal, quer dizer, obtida pela mistura de genótipos, resultando nas chamadas variedades compostas, variedades multilineares ou multilinhas. Estudemos cada uma dessas possibilidades:

1) A rotação de variedades, praticada em toda uma área de produção de feijão, poderia evitar os perigos mencionados no início deste capítulo. Se, por exemplo, o plantio, em extensas áreas, de uma determinada variedade favorece certas raças da ferrugem, no ano seguinte, com a semeadura de variedade resistente, essas raças, ou parte delas, seriam prejudicadas; no terceiro ano, nova variedade poderia desfavorecer as raças que, por acaso, atacaram a segunda variedade. Assim, embora a ferrugem continue aparecendo, seu ataque não conseguirá atingir proporções epidêmicas. O defeito do processo é a sua difícil praticabilidade: seria preciso que houvesse, todo ano, a disposição dos agricultores, suficiente quantidade de sementes das variedades que entram na rotação, e, o que é mais difícil ainda, que todos agricultores concordassem em executar o plano. Acrescente-se ainda que os mesmos resultados práticos seriam obtidos com outros sistemas mais exequíveis, conforme veremos a seguir.

2) O plantio de diversas variedades, numa mesma região agrícola, é um sistema já em uso no Brasil. Em cada município, encontram-se muitas variedades sendo cultivadas simultaneamente e, amiúde, os feijoais são constituídos por misturas de algumas dessas variedades. O processo poderia ser amplamente melhorado, se essas inúmeras variedades comuns - muitas delas apresentando sérias fraquezas - fossem substituídas, total ou parcialmente, por grande número de variedades selecionadas, geneticamente não relacionadas, comprovadamente produtivas e com diferentes genes para resistência às moléstias.

TAXOPEUS (15), tratando do problema de raças fisiológicas de *Phytophthora infestans* em batatinha, pondera que o plantio de variedades muito suscetíveis, ocupando áreas relativamente pequenas, pode evitar a adaptação do parasita a variedades mais resistentes. VAN DER PLANK (16) apresenta evidências de que as raças de *P. infestans* e de *Puccinia graminis tritici* com genes para virulência desnecessários são menos capazes de sobreviver. Assim, uma raça que possui quatro fatores para virulência e ataca variedades para as quais apenas um fator seria suficiente, terá sempre três fatores desnecessários e a sua capacidade de sobreviver sofrerá de modo correspondente.

Este mecanismo torna as raças mais complexas menos abundantes, favorecendo as mais simples. Esses autores deixam claro a necessidade da diversidade genética como um meio de evitar que determinadas raças se tornem abundantes, por efeito dos próprios hospedeiros, e assim causem danos excessivos.

Em 1960, lançamos como nova variedade para a Zona da Mata de Minas Gerais o feijão 'Manteigão Fosco 11', entre outras razões porque era imune às raças fisiológicas da ferrugem então existentes (18). Em 1968, começou a ser atacado pela moléstia, certamente por causa do aparecimento de nova raça (ou raças?) do patógeno. Na "seca" de 1969/70, sofreu devastador ataque da ferrugem. Nos anos seguintes, entretanto, voltou à antiga condição de variedade resistente (quadros 1 e 2). O feijão 'Manteigão Fosco' é plantado no Município de Viçosa como um dos tipos preferidos, depois do feijão preto, o qual ocupa as maiores áreas. Se o 'Manteigão Fosco' fosse a única variedade plantada ou mesmo a principal variedade, é provável que a ferrugem continuasse a criar-lhe problemas.

Parece que algo semelhante está acontecendo com o feijão preto 'Rico 23', lançado em Minas Gerais em 1959 (17). Muito produtivo, teve rápida aceitação, sendo hoje plantado do Rio Grande do Sul a Goiás. Inicialmente, nos ensaios comparativos de variedades, ocupava sistematicamente as primeiras colocações, proeza que, nos últimos anos, nem sempre repete. Aparentemente, o 'Rico 23' está começando a ser prejudicado pela sua própria popularidade.

3) Vejamos agora as *misturas varietais*. Este método, de certo modo, já é aplicado no Brasil, porquanto é comum a mistura varietal em nossos feijoais. Evidentemente, do ponto de vista comercial, somente devem ser misturados feijões de tipo semelhante. Com o intuito de estudar o método, CARDOSO e VIEIRA (4) fizeram quatro misturas de duas ou três variedades, porém de tipos diferentes, de sorte a possibilitar a determinação da proporção relativa de cada componente, após cada geração. Em três das misturas (quadro 3), o componente mais produtivo pôde dominar os outros tão rapidamente que, em três ou quatro plantios sucessivos, o material deixava de ser uma mistura para tornar-se, praticamente, a variedade dominante. Numa mistura, entretanto, houve equilíbrio entre os dois componentes, um não dominando o outro em quatro plantios sucessivos. Os mesmos autores (4) estudaram o comportamento de duas misturas de seis variedades, em duas localidades, e obtiveram basicamente o mesmo resultado: em apenas dois plantios sucessivos as variedades dominantes (uma ou duas dependendo da mistura) sobressaíram. No México, MIRANDA (10) chegou a resultados semelhantes. Portanto, se uma mescla de variedades vai ser usada comercialmente, ela deverá ser renovada pelo menos depois de cada três ou quatro gerações, a fim de manter uma proporção

QUADRO 3 - Mudança na composição varietal de misturas de feijão, durante os plantios sucessivos em Viçosa

| Variedades              | Tipo da planta<br>(*) | Pro-<br>porção<br>origi-<br>nal | Plantios sucessivos (**) |    |    |    |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------|----|----|----|
|                         |                       |                                 | 1º                       | 2º | 3º | 4º |
| <b>Mistura I</b>        |                       |                                 |                          |    |    |    |
| Rico 23                 | EPN                   | 33                              | 54                       | 63 | 73 | 81 |
| Small White 59          | TPN                   | 33                              | 22                       | 25 | 19 | 14 |
| Manteigão Fos-<br>co 11 | DGN                   | 33                              | 23                       | 12 | 7  | 4  |
| <b>Mistura II</b>       |                       |                                 |                          |    |    |    |
| Manteigão Pre-<br>to 20 | TGN                   | 50                              | 50                       | 49 | 47 | 39 |
| Manteigão Fos-<br>co 11 | DGN                   | 50                              | 50                       | 51 | 48 | 46 |
| <b>Mistura III</b>      |                       |                                 |                          |    |    |    |
| 37-R                    | TPN                   | 50                              | 77                       | 91 | 94 | 99 |
| Preto 40                | DMS                   | 50                              | 23                       | 9  | 3  | 1  |
| <b>Mistura IV</b>       |                       |                                 |                          |    |    |    |
| Vi. 1013                | EPN                   | 33                              | 38                       | 44 | 55 | -  |
| Rico 23                 | EPN                   | 33                              | 31                       | 35 | 26 | -  |
| Vi. 982                 | EPN                   | 33                              | 31                       | 18 | 16 | -  |

(\*) D= crescimento determinado; E= indeterminado, porte ereto; T= "trepador"; P= sementes pequenas; M= sementes médias; G= sementes grandes; N= ciclo de 90 dias; S= ciclo de 70 dias.

(\*\*) Os híbridos naturais, identificados pelo tipo diferente, não estão incluídos, embora fossem replantados com a mistura, em cada geração.

mais ou menos constante das variedades integrantes. Outra alternativa seria a utilização de variedades que apresentassem a mesma produtividade e capacidade de competição, como a Mistura II do quadro 3. Boa evidência de que pode ocorrer alguma forma de equilíbrio entre os componentes de uma mistura são as próprias variedades locais: muitas, realmente, são mesclas que, aparentemente, se mantêm assim por algum grau de equilíbrio. Este método necessita ainda de maior volume de estudos esclarecedores, antes de se pensar na formação de mesclas para dis-

tribuição aos agricultores. Evidentemente, ele possibilita o emprego simultâneo das resistências horizontal e vertical.

4) Para muitos autores, somente podem ser consideradas *multilinhas* as misturas formadas de linhas isogênicas ou quase isogênicas, o que exclui as misturas varietais. Essas linhas são obtidas pelo processo convencional dos retrocruzamentos, a partir de uma variedade superior, bem aceita pelos agricultores e pelo mercado, e cada uma delas deve carregar diferente gene para resistência. A composição da multilinha dependerá das doenças e das raças que predominam. Por esse motivo, ocorrendo alterações na situação das doenças, a multilinha sofrerá modificações correspondentes. Para cada raça, a multilinha deverá possuir um componente com o correspondente gene para resistência. VAN DER PLANK (16) considera que as multilinhas funcionam como se possuissem a resistência horizontal, embora nelas seja usada a resistência vertical.

Numa variedade constituída pela mescla de genótipos, as doenças têm maior dificuldade em se disseminar. A dispersão dos esporos depende das distâncias que eles têm que vencer e das barreiras que encontram no caminho. Nas misturas de linhas isogênicas ou de variedades, as plantas resistentes constituem barreiras à dispersão dos esporos provenientes dos componentes suscetíveis. Uma raça somente se dissemina rapidamente, a partir do foco inicial de infecção, quando encontra grande número de hospedeiros suscetíveis. Nas misturas, isso não ocorre, porque parte dos esporos cai em plantas resistentes, reduzindo-se o número de focos secundários e, por conseguinte, a concentração de esporos e a sua dispersão. A barreira formada por plantas resistentes impede que a doença cause danos sérios quando as plantas ainda estão novas; quanto mais tarde se verificar o ataque, menores serão os prejuízos. Evidentemente, o número de esporos que não encontra hospedeiro adequado dependerá do número de componentes na mistura de genótipos e, também, das características de resistência às doenças de cada um dos componentes.

Conforme mencionamos anteriormente, há evidências de que as raças fisiológicas, que possuem fatores para virulência desnecessários, são menos abundantes, presumivelmente por causa de menor capacidade de sobrevivência. Tem-se, deste modo, outra explicação para o bom comportamento das multilinhas, em relação às moléstias (16). Um exemplo fictício explicará como este mecanismo de resistência completa a ação da barreira de plantas resistentes, anteriormente discutida. Se as raças (1), (2), (3) e (4) do patógeno podem atacar, respectivamente, as plantas com os genes para resistência  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  e  $A_4$ , qual seria o comportamento de uma multilinha formada por quatro componentes, cada um deles carregando um desses genes? Uma raça com os quatro fatores para virulência, ou seja, a raça (1,

2, 3, 4) pode atacar todas as linhas componentes, e seus esporos podem ser disseminados livremente pelo campo, porque não encontrarão plantas resistentes para obstar-lhes o caminho. Porém, para cada um dos componentes a raça (1, 2, 3, 4) possui três fatores para virulência desnecessários e sua capacidade de sobrevivência sofrerá proporcionalmente. As raças com três fatores para virulência - (1, 2, 3), (1, 2, 4) e (2, 3, 4) - podem, cada uma delas, atacar três das quatro linhas componentes; os esporos espalham-se pela plantação, encontrando 25% de plantas resistentes a obstruir-lhes a disseminação. Cada raça, entretanto, apresenta, em relação a cada uma das linhas componentes, dois fatores para virulência desnecessários. As raças (1, 2), (1, 3), (1, 4), (2, 3), (2, 4) e (3, 4) podem, cada uma delas, atacar dois dos componentes da multilinha, e seus esporos encontram, ao se disseminarem, 50% de plantas resistentes. Para cada componente, essas raças apresentam um fator para virulência desnecessário. Finalmente, as raças (1), (2), (3) e (4) podem, cada uma delas, atacar um dos componentes da multilinha. Elas não possuem fatores para virulência desnecessários, porém, sua disseminação pelo campo é obstruída pela existência de 75% de plantas resistentes a cada uma delas.

No caso específico do feijão no Brasil, o uso de linhas isogênicas para a formação de multilinhas, além de consumir muito tempo e trabalho nos sucessivos retrocruzamentos, iria, com a sua uniformidade, por a perder a desejável diversidade genética. Talvez multilinhas razoavelmente estáveis possam ser produzidas a partir de linhas quase isogênicas, isto é, de componentes menos purificados. Este sistema parece particularmente atrativo para a incorporação de resistência à ferrugem, numa multilinha. Diversas e distintas fontes de resistência à ferrugem, cada uma separadamente, seriam introduzidas, através de retrocruzamentos, numa variedade comercial que possuísse considerável resistência horizontal a essa moléstia. Três retrocruzamentos seriam suficientes para uma aproximação ao tipo do progenitor recorrente e recuperar-lhe grande parte da resistência horizontal, e ainda introduzir alguma variabilidade genética em outras características, bem como a resistência vertical à ferrugem. As linhas assim produzidas seriam mescladas para a produção da multilinha. Devido à falta de uniformidade dessa mistura, durante as primeiras multiplicações e, mais tarde, nos plantios comerciais, ocorreria alguma influência da seleção natural, permitindo o destaque e estabilização dos indivíduos mais produtivos e aumentando, talvez, a possibilidade de haver algum equilíbrio entre alguns dos componentes. Neste processo, poder-se-ia conseguir alguma melhora na capacidade de produção e na resistência à doença, utilizando principalmente o valioso germoplasma local. Por exemplo, o 'Rico 23' como progenitor recorrente e as variedades locais -

muitas apresentando considerável resistência de campo - como as fontes de resistência vertical. Obviamente, um programa dessa natureza teria que ser antecedido por um levantamento mais completo das raças da ferrugem existentes e, depois, da procura das fontes de resistência.

#### 6. RESUMO

Plantam-se no Brasil centenas e centenas de variedades de feijão, quase sempre apresentando algum grau de mistura, que constituem valioso germoplasma aqui desenvolvido. Muitas apresentam considerável resistência horizontal a muitas das moléstias que as atacam, provavelmente como resultado da seleção natural a que estão submetidas há longo tempo.

Substituir esse material por poucas variedades melhoradas, geneticamente uniformes, constitui atrativo perigoso no que diz respeito às doenças e às suas raças fisiológicas. É prudente, nas condições do Brasil, utilizar mais amplamente a resistência horizontal e manter a variabilidade genética, ambas já presentes. Sugestões são apresentadas de como atingir tais objetivos.

#### 7. SUMMARY

In Brazil are planted hundreds and hundreds of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.), almost always showing some degree of varietal mixture. This constitutes a valuable source of germoplasm locally developed. Many varieties show considerable horizontal resistance to the many diseases that attack them, probably as a result of the natural selection to which they have been subjected for a long time.

To substitute for this material a few improved varieties, genetically uniform, constitutes a dangerous attraction with respect to the diseases and their physiologic races. It is wise under Brazilian conditions to utilize more fully this horizontal resistance and to maintain the genetic variability, both already present. Suggestions are offered on how to attain these objectives.

#### 8. LITERATURA CITADA

1. ADAMS, M.W., A.H. ELLINGBOE & E.C. ROSSMAN. Biological uniformity and disease epidemics. *BioScience* 21: 1067-1070. 1971.
2. BORLAUG, N.E. Wheat, rust, and people. *Phytopathology* 55: 1088-1098. 1965.

3. BROWNING, J.A. & K.J. FREY. Multiline cultivars as a means of disease control. *Ann. Rev. Phytopathology* 7: 355-382. 1969.
4. CARDOSO, A.A. & VIEIRA, C. Progressos nos estudos sobre misturas varietais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Ceres* 18: 465-477. 1971.
5. COMISSÃO TÉCNICA DO FEIJÃO. *III Reunião Anual - 1970*. Petrópolis, Inst. Pesq. Exp. Agrop. do Sul, 1970. 21 p. + 28 quadros.
6. DIAS F., I.R. & J.C. DA COSTA, Identificação de raças fisiológicas da ferrugem (*Uromyces phaseoli typica* Arth.) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em duas regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. *Pesq. Agrop. Bras.* 3: 165-170. 1968.
7. JENSEN, N.F. Intra-varietal diversification in oat breeding. *Agronomy Journal* 44: 30-34. 1952.
8. JUNQUEIRA NETTO, A., K.L. ATHOW & C. VIEIRA. Identificação de raças fisiológicas de *Uromyces phaseoli* var. *phaseoli*, no Estado de Minas Gerais. *Rev. Ceres* 16: 1-9. 1969.
9. KIMATI, H. Algumas raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib, que ocorrem no Estado de São Paulo. *Anais E.S.A. "Luiz de Queiroz"* 23: 247-264. 1966.
10. MIRANDA C., S. Competencia entre tres variedades de frijol. *Agrociencia* 4: 123-131. 1969.
11. PADDOCK, W.C. How green is the green revolution? *BioScience* 20: 897-902. 1970.
12. SHANDS, H., C. VIEIRA & W.J. ZAUMEYER. Observations on dry bean diseases in Brazil. *Plant Dis. Repr.* 48: 784-787. 1964.
13. STEVENS, N.E. Disease damage in clonal and self-pollinated crops. *J. Amer. Soc. Agron.* 40: 841-844. 1948.
14. SUNESON, C. A. Genetic diversity - A protection against plant diseases and insects. *Agronomy Journal* 52: 319-321. 1960.

15. TAXOPEUS, H. J. Reflections on the origin of new physiologic races of *Phytophthora infestans* and the breeding for resistance in potatoes. *Euphytica* 5: 221-237. 1956.
16. VAN DER PLANK, J. E. *Disease resistance in plants*. N. York, Academic Press, 1968. 206 p.
17. VIEIRA, C. Rico 23, nova variedade de feijão preto para a Zona da Mata, Minas Gerais. *Rev. Ceres* 11: 22-26. 1959.
18. VIEIRA, C. Manteigão Fosco 11, variedade de feijão para a Zona da Mata, Minas Gerais. *Rev. Ceres* 11: 98-102. 1960.
19. VIEIRA, C. *O feijoeiro-comum - Cultura, doenças e melhoramento*. Viçosa, Univ. Rural do Est. de Minas Gerais, 1967. 220 p.
20. VIEIRA, C. & R.E. WILKINSON. The importance of field resistance and genetical diversity in bean breeding programs in South-Central Brazil. *Bean Improvement Coop. Annual Report* no. 15: 94-97. 1972.
21. WELLHAUSEN, E.J. El estado actual de los trabajos sobre el mejoramiento genetico de las principales plantas basicas alimenticias, en la America Latina. In: *III Reunion Interamericana de Fitogenetistas, Fitopatologos, Entomologos y Edafologos*, Bogotá, 1955. Actas, 1958, p. 41-58.