

A SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS DO MELHORAMENTO GENÉTICO DE BATATA NO BRASIL

José Amauri Buso (buso@cnph.embrapa.br) e Leonardo S. Boiteux (boiteux@cnph.embrapa.br), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Secretaria de Cooperação Internacional/Embrapa Hortaliças, BR 060 Km 09 Rod. Brasília-Anápolis, Caixa Postal 0218, CEP 70359-970 Brasília, DF

INTRODUÇÃO

A bataticultura brasileira tem, historicamente, utilizado cultivares desenvolvidas em países de clima temperado, notadamente da Holanda, Suécia, Alemanha, e mais recentemente, nos Estados Unidos. Embora estas cultivares estejam sendo utilizadas de forma contínua, as mesmas exigem, nas condições brasileiras, o uso de doses elevadas de fertilizantes, fungicidas e inseticidas. Isto acarreta aumento nos custos de produção e danosos impactos ambientais. Estas cultivares não são adaptadas às condições de fotoperíodo e temperatura existentes no Brasil, bem como aos baixos níveis de fertilidade dos solos. A ausência de resistência genética aos patógenos prevalentes no país dificulta a reutilização de batata-semente por muitas gerações, bem como a sua produção em condições locais, além do aumento dos custos de produção pelo uso intensivo de fungicidas na produção de batata-consumo. Uma das formas de se resolver parte dos problemas existentes na cadeia produtiva da batata é o desenvolvimento local de novas cultivares. Estas novas cultivares além de atender as exigências ambientais de produção, devem também possuir qualidades culinárias e morfológicas de acordo com as preferências dos consumidores.

A SITUAÇÃO ATUAL DO MELHORAMENTO GENÉTICO DE BATATA NO BRASIL

Atualmente, os programas de melhoramento se concentram na Embrapa (Embrapa Hortaliças e Clima Temperado), com a participação de empresas privadas e de empresas estaduais de P&D (EPAGRI, IAPAR) e Universidades (Federal de Santa Maria-RS e Passo Fundo-RS). Em adição existem os programas conduzidos pelo IAC-SP (o mais antigo em operação no país) e pela UFLA-MG. O programa de melhoramento da UFLA tem produzido informações sobre mudanças metodológicas durante o processo de condução de populações segregantes além de informações básicas sobre resistência ao calor. A EPAMIG está reiniciando um programa de melhoramento de batata. Trabalhos com resistência a insetos também estão sendo implementados na Embrapa Hortaliças, em conjunto com a UNESP-Campus de Jaboticabal, ESALQ, UEPG-PR, e com a EMATER-RS. Um exame das características operacionais destes programas indica os seguintes pontos: **1** - integração inter- ou intra-programas pouco efetiva, **2** - pequeno número de clones avaliados em seu total (menos que 80 mil novos genótipos adentram todos os programas por ano); **3** - poucas equipes interdisciplinares atuando em um programa, **4** - Poucos recursos financeiros disponíveis.

As características que estão sendo consideradas dentro dos programas de melhoramento são fisiológicas, fenológicas, morfológicas e culinárias, como: **1** - produtividade, **2** - ciclo da cultura, **3** - alta porcentagem de tubérculos comerciais, **4** - resistência às principais doenças fúngicas (requeima, causada por *P. infestans* e pinta preta, causada por *Alternaria solani*); doenças viróticas - PLRV vírus do enrolamento das folhas da batata, PVY- vírus Y da batata); doenças bacterianas-principalmente a murcha bacteriana (causada por *Ralstonia solanacearum*); nematóides formadores de galhas - (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*), **5** - resistência a insetos, **6** - baixa exigência em fertilizantes, **7** - período de dormência curto ou facilidade de quebra de dormência dos tubérculos, permitindo dois plantios por ano, **8** - alta estabilidade de produção e adaptação às condições de clima, **9** - boa capacidade de preservar as características dos tubérculos durante o transporte e armazenamento (película firmemente aderida, tubérculos túrgidos e pouco sensíveis

ao esverdeamento), **10** - película amarela ou rosada, preferencialmente lisa e brilhante, **11** - cor da polpa creme, amarela clara ou branca, **12** - formato de tubérculos alongados ou oval-alongados, uniformes para consumo *in natura* e alongados ou arredondados para processamento industrial, **13** - olhos superficiais, **14** - altos teores de matéria seca, **15** - baixos teores de açúcares redutores (relacionados com a cor escura na batata frita) e **16** - ausência de distúrbios fisiológicos nos tubérculos (rachaduras, coração-oco, coração-preto, crescimento secundário e mancha ferruginosa).

ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO

A batata apresenta várias características que interferem no processo de melhoramento, a saber: **(a)** é uma planta de propagação vegetativa, e o material utilizado na multiplicação é volumoso e pesado (1,5 t de batata-semente para um ha); **(b)** é uma espécie tetraplóide ($2n=4x=48$), altamente heterozigótica e, com elevada segregação; **(c)** apresenta herança tetrasômica; **(d)** elevada heterozigosidade é necessária para se obter elevado vigor e produtividade; **(e)** presença muito comum de esterilidade e auto-incompatibilidade reduzindo as possibilidades de combinações; **(f)** um elevado número de características (a maioria de herança poligênica) a serem consideradas simultaneamente durante o processo de seleção acarretando uma baixíssima probabilidade de se obter em um só clone a combinação de caracteres desejados; **(g)** muitas características são sensíveis às influências ambientais, especialmente nos ciclos iniciais de melhoramento; **(h)** há forte interação clones x sistemas de produção e **(i)** um grande "pool" gênico está disponível, incluindo-se espécies silvestres formadoras de tubérculos, cultivares primitivas e modernas, e clones avançados de programas de melhoramento. Entretanto, a ocorrência de diversas barreiras pós-zigóticas impedem cruzamentos interespecíficos e entre materiais de ploidia diferente acarretando o isolamento sexual de um grande número de espécies. Estas barreiras, que provocam aborto do endosperma do híbrido, são explicadas pela hipótese do "endosperm balance number" (EBN). Somente materiais genéticos com EBN (ploidia efetiva) idênticos podem ser cruzados.

Levando em consideração os fatores acima citados, a estratégia de melhoramento "convencional" consiste em:

1. Escolher cuidadosamente, para cruzamentos, genitores contendo características complementares e que sejam bastante divergentes geneticamente. No Brasil, utiliza-se usualmente pelo menos uma cultivar européia como material parental. Coleções de trabalho contendo cultivares comerciais, clones nacionais avançados e acessos de germoplasma obtidos no CIP são mantidos na Embrapa e no IAC na forma "*in vitro*" e/ou como tubérculos. Restrições no intercâmbio de germoplasma são comuns, principalmente de material originário de empresas privadas de melhoramento;
2. Obter as sementes botânicas em quantidades adequadas. Para induzir o florescimento deve-se utilizar luz suplementar e/ou épocas com temperaturas mais amenas;
3. Obter populações clonais segregantes em condições fitossanitárias controladas, evitando-se ao máximo infecções com doenças viróticas ou de solo;
4. Utilizar em cruzamentos do tipo $4x-4x$ um grande número de indivíduos em populações segregantes visando aumentar as possibilidades de se obter um clone combinando todas as características desejadas. Normalmente uma nova cultivar é obtida a cada 200.000 genótipos avaliados. Quando se utilizam genitores previamente selecionados para alguns caracteres pode-se obter uma nova cultivar a cada 100.000 genótipos avaliados;
5. Conduzir o processo de seleção para caracteres de alta herdabilidade e/ou baixo custo no processo de avaliação nos primeiros ciclos de seleção (elevado número de indivíduos). Fazer seleção para caracteres de baixa herdabilidade e/ou elevado custo de avaliação quando a população estiver com pequeno número de clones avançados remanescentes;

6. Aumentar gradativamente o número de indivíduos avaliados por clone em ciclos sucessivos (ex. 1, 2-4, 8-10, 20, 40, 80... plantas por clone na geração n e $n+1$) e diminuir o número de clones mantidos na população original a cada ciclo de seleção;
7. Realizar a erradicação de doenças dos clones avançados antes da avaliação em diferentes locais. Deve-se utilizar para isto o cultivo de ápices caulinares e a indexação de doenças viróticas. Estas doenças vão se acumulando em ciclos sucessivos de seleção em campo e podem mascarar o potencial produtivo dos clones avançados;
8. Avaliar para resistência às principais doenças utilizando-se, sempre que possível, de inoculações artificiais dos patógenos. Para avaliação da resistência aos vírus PVY e PVX pode-se inocular na fase de plântula ;
9. Utilizar, como genitores, clones avançados reunindo conjuntos adequados de características ("seleção recorrente com ciclos longos");
10. Ter parceria para a produção de material de propagação (batata-semente) de boa qualidade e nas quantidades necessárias para os testes com clones avançados (avaliações multilocais);
11. Sempre que possível envolver produtores experientes no processo seletivo. Desde 1996 esta tem sido parte importante do programa da Embrapa Hortaliças;
12. Realizar avaliações multilocais e por dois anos (no mínimo) antes da tomada de decisão sobre liberação de nova cultivar. Ao mesmo tempo coletar informações para se estabelecer o valor de cultivo e uso (VCU), atendendo aos quesitos para registro de uma nova cultivar no Ministério da Agricultura e do Abastecimento ;
13. Coletar durante as fases finais do processo de seleção as informações necessárias para a proteção legal da nova cultivar- a batata é uma espécie passível de proteção na Lei de Proteção de Cultivares;
14. Manutenção da nova cultivar. A manutenção em condições fitossanitárias controladas é disponível em várias instituições brasileiras;
15. Introdução da nova cultivar no mercado. Parte importante nesse processo é indicar as condições de cultivo desta cultivar, i.e., a fitotecnia específica.

Outras estratégias podem ser utilizadas no melhoramento da batata, dependendo dos objetivos e facilidades para implementá-las, como:

1. Uso de haplóides - clones haplóides ($2n=2x=24$) são obtidos com certa facilidade utilizando-se cruzamentos com clones diplóides especiais, denominados "extratores de haplóides", que quando cruzados com cultivares $4x$ geram um grande número de indivíduos haplóides;
2. Espécies silvestres Aproximadamente 180 das espécies silvestres de batata são produtoras de tubérculos. Características de interesse destas espécies silvestres podem ser incorporadas no nível $4x$ empregando cruzamentos com haplóides. Estes clones híbridos $2x$ são selecionados para a presença de alelos mutantes meióticos, que controlam a produção de gametas $2n$. Estas espécies silvestres também podem ser empregadas diretamente como parentais masculinos caso possuam mecanismo formador de pólen $2n$ (Peloquin *et al.*, 1999);
3. A disponibilidade de mutantes meióticos permite a conservação das combinações heteróticas obtidas nos cruzamentos entre espécies silvestres e haplóides. Blocos gênicos favoráveis são transmitidos quase intactos ao nível $4x$ via cruzamentos interplóides $4x-2x$. Famílias derivadas destes cruzamentos mostraram elevado potencial produtivo em testes conduzidos no Brasil e nos Estados Unidos (Buso *et al.*, 1999b; 1999c). Um resultado interessante foi a obtenção de um número elevado de clones combinando características quantitativas de interesse a partir de populações segregantes relativamente pequenas (Buso *et al.*, 1999c);
4. Importantes regiões genômicas contendo genes que condicionam heterose para produtividade estão, aparentemente, próximas aos centrômeros. Desta forma, elas não

participam de eventos de recombinação durante o processo regular de meiose. Mutantes meióticos permitem aumentar níveis de heteroziguidade nestas regiões dos cromossomos o que não é facilmente obtido em cruzamentos convencionais do tipo 4x-4x (Buso *et al.*, 1999a);

5. Mutantes meióticos controlando a formação de esporos 2n e manipulações do nível de ploidia podem também ser utilizados para superar isolamento genético condicionado por diferenças de EBN. Por exemplo, segmentos genômicos de *S. commersonii* (2n=2x=24, EBN=1) podem ser incorporados na batata cultivada usando um clone de *S. commersonii* com carga genética duplicada por colchicina (2n=4x=48, EBN=2). Estes clones podem ser cruzados com clones diplóides (EBN=2) aptos a produzir pólen 2n, eliminando, desta forma, as barreiras de EBN. Os híbridos 3x carregando mutantes meióticos produzindo pólen 2n podem ser cruzados com cultivares 4x. As plantas 5x obtidas destes cruzamentos podem ser cruzadas com cultivares 4x e uma significativa fração destas progênes é 4x. Estas progênes podem ser então retrocruzadas para cultivars/clones elites (Carputo *et al.*, 1997);
6. Utilização da engenharia genética para introgressão de características monogênicas - Protocolos de transformação via *Agrobacterium* já estão bem estabelecidos. Existem diversas construções contendo genes de interesse e equipes com capacitação para realizar estes trabalhos no país. Neste caso, uma cultivar com um conjunto de características é acrescida mais uma característica e/ou de um "cassete" contendo alguns genes de interesse. Todavia ainda existe um longo caminho a ser percorrido antes desta estratégia ser utilizada de forma rotineira no Brasil;
7. Melhoramento assistido por marcadores moleculares - Mapas genéticos densos já estão disponíveis permitindo, em um futuro próximo, a utilização rotineira de marcadores moleculares no país. Estes marcadores serão empregados principalmente na seleção indireta para diversas características monogênicas bem como poligênicas ("quantitative trait loci QTL") tais como resistência de campo a *P. infestans*, resistência a insetos, produtividade, tamanho de tubérculo e teores de sólidos solúveis.

PROBLEMAS RELATIVOS A PRODUÇÃO DE BATATA-SEMENTE DE NOVAS CULTIVARES NO BRASIL

O mercado potencial de batata-semente no país é da ordem de 8,6 a 9 milhões de caixas de 50 kg por ano. Na legislação atual de produção e comercialização de batata-semente há três classes: batata-semente básica, registrada e certificada.

Para uma espécie de propagação vegetativa e com os volumes necessários para sua utilização, o processo de produção de batatasemente é primordial para que uma nova cultivar possa ter alguma chance de sucesso no Brasil. Há casos de cultivares que não foram aceitas no mercado mais por dificuldades de produção de material de propagação do que por suas características individuais. Outras saíram do mercado mais rapidamente porque o país exportador da cultivar parou de produzir material de propagação, que era utilizado para produzir batata-semente no Brasil.

O cenário para novas cultivares hoje está mudado no Brasil. As novas cultivares de batata são passíveis de proteção na Lei de Proteção de Cultivares por 15 anos. Este fato recente poderá incentivar a produção local de batata-semente, pois o obtentor deverá licenciar a nova cultivar para a recepção de "royalties", e este licenciamento estabelecerá um vínculo mais duradouro com os produtores licenciados, hoje não existente, incluindo-se um trabalho de convencimento do obtentor junto aos produtores de batata-consumo (marketing da nova cultivar), para se ter logo o maior volume possível de material comercializado no país. Há um período longo (estimado em 10 anos) entre a liberação de uma nova cultivar e a conquista de uma fatia de mercado referente a 10.000 caixas de batata-semente básica (suficientes para se produzir 200 ha de batata-semente e 1.600 ha de batata-consumo).

Todavia, com a abertura comercial, há possibilidade de se importar batata-semente de qualquer classe, hoje restrita à básica ou similar, o que poderá restringir parte da produção local de batata-semente. Parcerias estratégicas deverão então ser estabelecidas entre os obtentores de novas cultivares no Brasil e produtores de países tradicionais exportadores de batata-semente, para que estes venham a produzir cultivares desenvolvidas no Brasil para reexportação e venda interna no nosso país. Outra alternativa está na produção de batata-semente própria pelos produtores, utilizando-se de estruturas com tela anti-afídeos, e materiais multiplicados em laboratórios de cultura de tecidos, a partir de matrizes indexadas para as doenças importantes na cultura. Este último sistema de produção está aumentando, principalmente entre grandes produtores de batata-consumo.

FUTURO

O país hoje está melhor estruturado para obter cultivares competitivas comparativamente com as que vem do exterior. Grupos privados e associações de produtores também entendem que as cultivares que estamos importando não são as adequadas para o agronegócio da batata. Todavia falta uma coordenação macro entre os diversos programas existentes no país, e recursos financeiros suficientes aplicados de forma adequada e concentrados para aumentar-se a frequência de liberação e a qualidade das novas cultivares desenvolvidas no país.

Outra alternativa está em parcerias estratégicas entre países para o desenvolvimento conjunto de novas cultivares. Muitos clones que poderiam ser adaptados às condições ambientais do Brasil devem estar sendo eliminados no processo de seleção de novas cultivares, quando conduzido em outras condições ambientais- ex. Argentina ou Chile. A integração entre diferentes programas poderia aumentar as possibilidades de se ter cultivares melhor adaptadas. Em um programa conjunto de desenvolvimento de novas cultivares, clones avançados (faltando dois ou três ciclos de seleção antes da liberação da cultivar), provenientes de programas similares aos existentes no Brasil quanto às características consideradas na seleção, seriam introduzidos para seleção final no país. Esta estratégia está sendo negociada entre a Embrapa e um país do Cone Sul.

Pensando grande, constata-se que o Brasil hoje tem condições para obter cultivares para uma grande parcela do globo, como: 1) condições técnicas de infra-estrutura; 2) germoplasma, que vem sendo selecionado nos últimos 50 anos, adaptado às condições subtropicais; 3) condições de meio ambiente diversificado, compreendido entre 5° N a 33° S e a 4) capacidade intelectual. O Brasil como exportador de cultivares de batata, isolado ou em conjunto com outros países. Este é o nosso sonho e não achamos que seja impossível...

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buso J.A.; Boiteux L.S., Tai G.C.C., Peloquin S.J. (1999a). Chromosome regions between centromeres and proximal crossovers are the physical sites of major effect loci for yield in potato: genetic analysis employing meiotic mutants. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96: 1773-1778.

Buso J.A.; Reifschneider F.J.B., Boiteux L.S., Peloquin S.J. (1999b). Effects of 2n-pollen formation by first meiotic division restitution with and without crossover on eight quantitative traits in 4x-2x potato progenies. Theor. Appl. Genet. 98: 1311-1319.

Buso J.A.; Boiteux L.S., Peloquin S.J. (1999c). Multitrait selection system using populations with a small number of interploidy (4x-2x) hybrid seedlings in potato: degree of high-parent heterosis for yield and frequency of clones combining quantitative agronomic traits. Theor. Appl. Genet. 99: 88-91.

Carputo D., Barone A., Cardi T., Sebastiano A., Frusciante L., Peloquin S.J. (1997). Endosperm balance number manipulation for direct germplasm introgression to potato from a sexually isolated relative (*Solanum commersonii* Dun.). Proc. Natl. Acad. Sci. 94: 12013-12017.

Peloquin S.J., Boiteux L.S., Carputo D. (1999). Meiotic mutants in potato: Valuable variants. Genetics 153: 1493-1499.

