

## Seleção Recorrente no Melhoramento Genético de Plantas Autógamas



ISSN 1517-5111

Setembro, 2007

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

## *Documentos 184*

# **Seleção Recorrente no Melhoramento Genético de Plantas Autógamas**

*Adeliano Cargnin*

Embrapa Cerrados  
Planaltina, DF  
2007

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) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

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

[sac@cpac.embrapa.br](mailto:sac@cpac.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*

Secretário-Executivo: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Revisão de texto: *Francisca Elijani do Nascimento*

Normalização bibliográfica: *Shirley da Luz Soares*

Tratamento de ilustrações: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Capa: *Jussara Flores de Oliveira*

Foto da capa: *Leo Nobre de Miranda*

Impressão e acabamento: *Jaime Arbués Carneiro /  
Divino Batista de Sousa*

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

**1ª edição**

1ª impressão (2007): 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).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Cerrados**

---

C276s Cargnin, Adeliano.

Seleção recorrente no melhoramento genético de plantas autógamas / Adeliano Cargnin. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2007.

24 p.— (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111 ; 184)

1. Melhoramento genético. 2. Planta. I. Título. II. Série.

631.5233 - CDD 21

---

© Embrapa 2007

# Autores

**Adeliano Cargnin**

Eng. Agrôn., D.Sc.

Pesquisador, Embrapa Cerrados

[adeliano.cargnin@cpac.embrapa.br](mailto:adeliano.cargnin@cpac.embrapa.br)

# Apresentação

Novos desafios têm surgido, e os melhoristas de plantas autógamas têm dado grande ênfase ao melhoramento populacional e aos caracteres quantitativos, como sendo os responsáveis diretos pelo aumento da produtividade. A obtenção e manutenção de variabilidade genética e do comportamento (condução) de populações segregantes é um fator importante para tornarem mais eficientes os programas de melhoramento genético quando da seleção de linhagens superiores.

A maioria dos programas de melhoramento genético de plantas autógamas utiliza métodos convencionais, onde a população base, geralmente formada pela hibridação entre dois a quatro genitores, é conduzida por autofecundações e seleções até a obtenção de linhagens. Esses métodos cumpriram o seu papel, fornecendo, nas últimas décadas, a grande maioria dos cultivares de espécies autógamas, resultando em aumento na produtividade média de grãos. Apesar disso, os ganhos genéticos conseguidos para essa característica têm sido de baixa magnitude. Nesse contexto, os programas de melhoramento de trigo têm buscado alternativas para aumentar o potencial produtivo dessas espécies, com novas estratégias de melhoramento, como é o caso da seleção recorrente.

Nesse sentido, a seleção recorrente parece ser um dos métodos mais eficientes no melhoramento de plantas autógamas e condução de populações, bem como na obtenção de linhagens superiores.

*Roberto Teixeira Alves*

Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

# Sumário

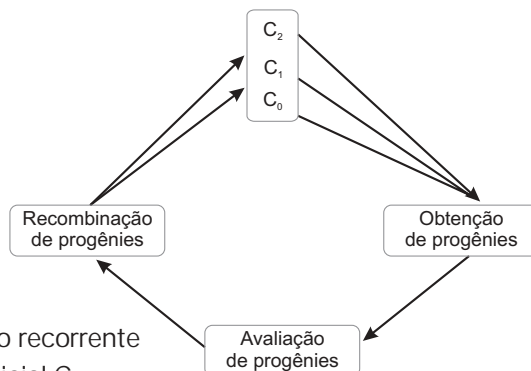
Introdução .....	9
Seleção recorrente fenotípica x seleção recorrente com base na avaliação de famílias .....	10
Alternativas para avaliação do progresso genético em programas de seleção recorrente .....	13
Melhoramento de plantas autógamas por meio da seleção recorrente .....	15
Considerações finais .....	20
Referências .....	21
Abstract .....	24

# Seleção Recorrente no Melhoramento Genético de Plantas Autógamas

*Adeliano Cargnin*

## Introdução

A seleção recorrente é um processo cíclico de seleção de indivíduos ou famílias dentro de uma população geneticamente heterogênea, seguido de recombinação (intercruzamento) dos indivíduos selecionados para formar uma nova população; esta, por sua vez, é utilizada para iniciar novo ciclo de seleção ([CORDEIRO, 2001](#); [RAMALHO et al., 2001](#)). Portanto, a seleção recorrente é um processo dinâmico e contínuo, que envolve a obtenção de indivíduos ou famílias, a avaliação, a seleção e o intercruzamento das melhores, visando, desse modo, aumentar a frequência de alelos favoráveis e, por consequência, melhorar a expressão do caráter sob seleção ([GERALDI, 1997](#)). Esse processo é contínuo e só termina quando as progênies obtidas mostram o desempenho desejado (Fig. 1).



**Fig. 1.** Ciclos de seleção recorrente a partir da população inicial  $C_0$ .

## **Seleção recorrente fenotípica x seleção recorrente com base na avaliação de famílias**

A seleção recorrente pode ser realizada de duas maneiras quanto ao método de seleção: seleção no âmbito de indivíduo, também denominada de seleção fenotípica ou massal; e seleção no âmbito de famílias, na qual se utiliza a população estruturada em famílias  $S_1$ ,  $S_2$ , etc. Exceto no caso da seleção massal, a seleção recorrente inclui três fases: i) obtenção das famílias; ii) avaliação das famílias em experimentos com repetição; iii) intercruzamento (recombinação) das famílias superiores para formar a população do próximo ciclo de seleção.

A seleção recorrente fenotípica também denominada seleção massal é baseada exclusivamente no fenótipo dos indivíduos da população, isto é, nenhuma informação do genótipo é utilizada como critério de seleção. Nesse método, a população original é avaliada fenotipicamente e os melhores indivíduos são selecionados. Igual número de sementes de cada indivíduo selecionado é agrupado para formar a população a ser submetida ao segundo ciclo de seleção. Esse procedimento é repetido até que a população atinja um nível satisfatório de comportamento ou que o método não apresente resultados positivos. A idéia principal é, pela escolha dos melhores fenótipos, melhorar o nível geral da população com a reunião dos seus fenótipos superiores.

Na seleção recorrente fenotípica, plantas são selecionadas fenotipicamente, ou seja, somente informações sobre o fenótipo dos indivíduos são considerados critérios de seleção. Assim, como os indivíduos com fenótipos semelhantes podem apresentar constituição genética distinta, a seleção nem sempre é efetiva. Dessa forma, esse método possui maior potencial para características de alta herdabilidade e que podem ser selecionadas visualmente com eficiência, sendo pouco utilizado para característica de baixa herdabilidade.

Algumas limitações da seleção recorrente fenotípica são evidentes: a) não é possível saber se as plantas selecionadas foram superiores por causa de



sua constituição genética ou do ambiente; b) a seleção só pode ser utilizada em ambientes onde as características se expressam; c) apresenta pouca eficiência para características de baixa herdabilidade. Contudo, as principais vantagens desse método são a facilidade de condução e o baixo custo operacional. Para esse método de seleção, dois fatores de sucesso para o programa podem ser indicados: a existência de variabilidade genética na população original e a alta herdabilidade das características que constituem o objetivo da seleção.

A seleção nesse método é realizada com base no comportamento fenotípico de cada indivíduo da população. Visando reduzir a variância ocorrida em razão da variância ambiental, faz-se uma estratificação do campo experimental em sub-blocos, selecionando um número previamente definido de indivíduos por sub-blocos e evitando que maior número de plantas fosse selecionado em áreas com um micro-ambiente mais favorável, reduzindo o efeito ambiental.

A seleção recorrente com base na avaliação de famílias (progênes) é mais eficiente do que a realizada apenas com base no fenótipo dos indivíduos. A seleção de famílias baseada na avaliação de algum tipo de progênie permite que o melhorista faça as avaliações em ensaios com repetições conduzidos em diferentes ambientes. O uso de progênes permite avaliar o valor genotípico das plantas pela performance fenotípica média de seus descendentes. Como essa avaliação é realizada em experimentos com repetição, as estimativas dos valores genotípicos das plantas são mais precisas do que aquelas obtidas apenas com a avaliação individual, uma vez que, com esse procedimento, as contribuições dos efeitos ambientais, residuais e da interação genótipos x ambientes são reduzidas, o que aumenta a precisão das médias das progênes. Dessa forma, as médias das famílias expressam menor variância fenotípica do que as estimativas de plantas individuais, ou seja, aquelas apresentam maior acurácia do que estas. A redução da variância fenotípica contribui para maior ganho genético esperado.

Assim, os caracteres cujos coeficientes de herdabilidade no âmbito de planta são baixos, o que dificulta a seleção baseada na avaliação individual, tornam-se passíveis de seleção com alto grau de precisão, uma vez que os

coeficientes de herdabilidade das médias das progênies desses caracteres têm valores mais elevados. Os caracteres cujos coeficientes de herdabilidade são altos no âmbito de plantas devem ser selecionados por ocasião da obtenção das progênies. Dessa forma, deve-se utilizar um número de plantas cerca de dez vezes superior ao número de progênies que se pretende obter e praticar elevadas intensidades de seleção fenotípica para os caracteres de alta e média herdabilidade e, somente nas plantas selecionadas, produzir as progênies a serem avaliadas.

As progênies  $S_1$  e  $S_2$ , resultantes, respectivamente, de uma e duas autofecundações de indivíduos selecionados, têm sido utilizadas no melhoramento de espécies autógamas. Essas progênies são empregadas para a avaliação das plantas selecionadas. Para isso, faz-se a seleção de indivíduos fenotipicamente superiores na população original para obtenção de progênies, sendo avaliadas em  $S_{0:1}$  e/ou  $S_{0:2}$ . Após a avaliação em ensaios com repetição, as progênies superiores são identificadas e utilizadas para promover a recombinação gênica. Esse método tem se mostrado eficiente para a melhoria do nível geral da população por si e do comportamento de linhagens selecionadas nessa população.

A seleção recorrente fenotípica, apesar das limitações de uso, tem sido empregada principalmente no melhoramento visando à resistência a doenças. Em milho (espécie alógama), [Bleicher e Balmer \(1993\)](#) relatam que a seleção recorrente fenotípica é eficiente para o aumento da resistência a doenças. Utilizando a seleção recorrente fenotípica para resistência à mancha-angular no feijoeiro, [Amaro et al. \(2005\)](#) obtiveram resultados satisfatórios. Entretanto, [Moya et al. \(2002\)](#) verificaram que a seleção recorrente massal para rendimento de grãos em trigo, após sete ciclos de seleção, resultou em ganho genético de apenas 0,94 % no rendimento médio em relação ao primeiro ciclo. Os autores verificaram que, além do baixo progresso genético para rendimento, houve redução da variabilidade para este caráter. No entanto, caracteres como altura de planta, número de espigas e grãos por área tiveram ganhos consideráveis, provavelmente pela alta herdabilidade e possivelmente foram responsáveis pela resposta correlacionada nos ganhos em rendimento de grãos.

Atualmente, a maioria dos programas de melhoramento genético de espécies autógamas, principalmente em arroz ([RANGEL et al., 2002](#)), trigo ([MAICH et al., 2000](#); [GIL et al., 2003](#)) e feijão ([RAMALHO et al., 2005a](#)), utilizou o método da seleção recorrente com base na avaliação e seleção de famílias  $S_{0,1}$  e  $S_{0,2}$ . Nesses trabalhos, os resultados obtidos deixam evidente que o método de seleção recorrente com base na avaliação de famílias é uma boa alternativa de melhoramento de características quantitativas em espécies autógamas.

## **Alternativas para avaliação do progresso genético em programas de seleção recorrente**

A estimativa do progresso (ganho) genético alcançado pelo melhoramento é um instrumento capaz de quantificar a eficiência dos trabalhos executados na pesquisa. Quando se dispõe das estimativas dos ganhos genéticos, referentes a uma dada cultura, num determinado período de tempo, deve-se ter certa cautela na análise e interpretação dos resultados. Diferenças nas metodologias empregadas na avaliação do progresso genético, as épocas e os períodos considerados, entre outros, nem sempre permitem comparação ou interpretação satisfatória das mudanças atribuídas a causas genéticas ou ambientais.

De acordo com [Ramalho \(1996\)](#), em plantas alógamas, a estimativa do progresso genético com o uso da seleção recorrente é facilmente obtida se for realizada uma avaliação das populações obtidas nos diferentes ciclos, uma vez que, após cada recombinação, o material volta à condição de equilíbrio genético. Assim, basta armazenar uma amostra das populações correspondente a cada ciclo. Entretanto, em plantas autógamas, esse procedimento não poderá ser utilizado. O material inter cruzado após cada autofecundação terá sua média alterada em virtude das frequências alélicas e da presença de dominância. Assim, a comparação do material inter cruzado dos diferentes ciclos seletivos poderá não refletir o resultado da seleção recorrente.

Por essa razão, alguns procedimentos têm sido utilizados para comparar ciclos seletivos em plantas autógamas. Em trigo, [Gil et al. \(2003\)](#), para avaliar o efeito de seis ciclos de seleção recorrente sobre caracteres da espiga, utilizaram 12 famílias  $S_1$  por ciclo de seleção (84 no total) e 12 variedades comerciais, em um experimento, conduzido em 2 anos consecutivos. Também em trigo, [Maich et al. \(2000\)](#) estimaram o ganho genético com o programa de seleção recorrente por meio da avaliação de 15 famílias  $S_1$  por ciclo de seleção, em cinco ambientes. Em arroz, [Rangel et al. \(2002\)](#) avaliaram um total de 924 famílias  $S_{0,2}$  e duas cultivares testemunhas, em 14 ensaios conduzidos em vários locais, em 3 anos agrícolas. [Wilcox \(1998\)](#) conduziu um programa de seleção recorrente em soja por oito ciclos seletivos, sendo que as avaliações do progresso genético com a seleção recorrente foram baseadas em avaliações de plantas  $S_0$ . Para isso, eram semeadas 21 linhas com 20 plantas  $S_0$  cada linha mais uma planta de cultivar testemunha, totalizando 420 plantas  $S_0$  e 21 plantas testemunhas. Todos esses trabalhos obtiveram resultados satisfatórios com as metodologias utilizadas.

Na cultura do feijão, [Ranali \(1996\)](#) tomou 45 famílias  $S_{0,2}$  ao acaso para comparar três ciclos de seleção recorrente. Resultados semelhantes foram obtidos por [Singh et al. \(1999\)](#), comparando três ciclos de seleção recorrente também em feijão. Para avaliar o progresso genético, eles avaliaram 45 famílias  $S_{0,2}$  de cada população e ciclo, em três localidades da Colômbia. Os ciclos foram avaliados em diferentes épocas, porém nas mesmas localidades. Posteriormente, as dez melhores famílias de cada ciclo e população foram avaliadas conjuntamente nos mesmos locais. Os autores obtiveram resultados satisfatórios com a metodologia utilizada.

Também trabalhando com feijão, [Ramalho et al. \(2003\)](#) utilizaram um total de 20 famílias (linhagens), cinco das melhores de cada ciclo de seleção, para avaliar a eficiência (progresso genético) do uso da seleção recorrente. Em todos os ciclos, após a avaliação e seleção das famílias  $S_{0,1}$  e  $S_{0,2}$ , essas eram conduzidas em experimentos em dois ou mais locais até atingirem a homozigose completa. Assim, o progresso genético com a seleção, após quatro ciclos de seleção recorrente, foi avaliado por meio de ensaio com as cinco melhores linhagens obtidas de cada ciclo de seleção.

Recentemente, [Ramalho et al. \(2005b\)](#) relataram os resultados referentes aos três últimos ciclos (V, VI e VII) de seu programa de seleção recorrente em feijão. Para isso, foi utilizado o desempenho das famílias  $S_{0.2}$  em relação à testemunha comum (cultivar Pérola) a todas as avaliações. A estimativa do coeficiente de regressão linear ( $b_j$ ) entre os ciclos e a média da cultivar Pérola forneceu a estimativa do efeito ambiental. Já, a estimativa de  $b_j$  entre os ciclos e o rendimento médio das famílias  $S_{0.2}$  forneceu a estimativa do efeito ambiental mais genético. Assim, a diferença entre  $b_j$  e  $b_i$  corresponde ao efeito genético ou ganho com a seleção. Esta estimativa dividida pelo desempenho médio das famílias no ciclo V forneceu o ganho em percentagem.

## Melhoramento de plantas autógamas por meio da seleção recorrente

A seleção recorrente foi proposta por [Hull \(1945\)](#) e tem sido extensivamente utilizada no melhoramento de plantas alógamas. No caso de plantas autógamas, apesar de o seu emprego ser mais recente, há relatos de sua utilização e sucesso no melhoramento de espécies de importância como a soja ([WILCOX, 1998](#)), arroz ([RANGEL et al., 2002](#)), feijão ([RAMALHO et al., 2003](#); [RAMALHO et al., 2005a](#)) e trigo ([MAICH et al., 2000](#); [WIERSMA et al., 2001](#); [GIL et al., 2003](#)).

No Brasil, uma das estratégias usada no melhoramento do arroz irrigado para aumentar o potencial de rendimento consiste em sintetizar populações de ampla base genética, por meio da seleção recorrente. Essa estratégia assegura a obtenção sistemática de ganhos contínuos, especialmente para rendimento de grãos, além de outras características de interesse, inclusive qualidade de grão e resistência a pragas e doenças. Trabalhando nessa linha, Rangel et al. (2002) vêm conduzindo um programa de seleção recorrente na cultura do arroz na Embrapa. Nesse trabalho, foram inter cruzadas dez variedades de arroz para a formação de uma população base, a qual foi submetida a três ciclos de seleção recorrente com base na avaliação de famílias  $S_{0.2}$ . Nesse método, cada ciclo de seleção é completado em 2 anos, considerando o avanço das

famílias de  $S_{0:1}$  a  $S_{0:2}$  e a recombinação das dez melhores famílias de cada ciclo. Para estimar os ganhos com os três ciclos de seleção recorrente na população, foram avaliadas 924 famílias  $S_{0:2}$  em 14 ensaios conduzidos em vários estados do Brasil.

A média é um dos parâmetros genéticos principais a ser considerado em melhoramento populacional. Quando a média da população é baixa, pode-se levar muito tempo para elevá-la a um nível razoável, assim o esforço pode não valer a pena para o melhoramento dessa população. No trabalho de [Rangel et al. \(2002\)](#), a média de rendimento da testemunha foi maior que a média das famílias avaliadas em todos os ciclos de seleção. Segundo os autores, isso pode ser em razão da alta variabilidade entre e dentro de famílias e número reduzido de ciclos de seleção. Entretanto, quando foram consideradas as dez melhores famílias de cada ciclo de seleção, a média de rendimento destas foi maior que a média da testemunha nos três ciclos, demonstrando o potencial genético da população para extração de linhagens de alto rendimento, com ganhos observados de 4,67 % após os três ciclos seletivos. Esses valores são maiores que os normalmente encontrados por outros programas de melhoramento na cultura do arroz, os quais variam entre 0,25 % e 0,8 %.

Assim, os resultados obtidos por Rangel et al. (2002) evidenciam que pela utilização da seleção recorrente aplicada em populações geneticamente divergentes, pode-se obter ganhos consideráveis para rendimento de grãos na cultura do arroz. No entanto, eles afirmam que os ganhos durante os ciclos de seleção recorrente só serão possíveis se for avaliado um número maior de famílias (250 a 300 famílias) por população, com melhor precisão das avaliações das famílias e uso de uma intensidade de seleção que permita ganhos em curto prazo sem redução de variabilidade genética.

A seleção recorrente também tem sido utilizada no melhoramento da cultura da soja por alguns melhoristas. Por exemplo, [Wilcox \(1998\)](#) conduziu um programa de seleção recorrente em soja por oito ciclos seletivos, visando ao aumento da concentração de proteína no grão. Nesse trabalho, após oito ciclos de seleção recorrente, a concentração de

proteína no grão aumentou em 9,5 %. Os autores verificaram ainda que com os sucessivos ciclos de seleção recorrente houve um aumento na frequência de plantas com alta concentração de proteína no grão. A grande proporção de plantas  $S_0$  com alta concentração de proteína no grão nos ciclos posteriores proveria amplas oportunidades para seleção entre as progênies para alta concentração de proteína, bem como para outras características agronômicas de interesse.

A seleção recorrente em populações de soja, baseada em avaliações de plantas  $S_0$ , foi eficaz no aumento da concentração de proteína no grão. Isso talvez tenha sido possível por causa da alta herdabilidade do caráter que foi alta, variando de 55 % a 89 % entre os ciclos C0 e C7. A variabilidade para proteína na população foi maior no ciclo C5 que nos ciclos iniciais, possivelmente isso seja evidência de que houve acúmulo de alelos para concentração de proteína.

Em trigo, a seleção recorrente também tem sido utilizada com resultados satisfatórios. De acordo com o trabalho de [Maich et al. \(2000\)](#), após dois ciclos de seleção recorrente visando aumento no rendimento de grãos, obteve-se progresso genético de 15 %. Segundo os autores, a taxa anual de progresso genético para rendimento de grãos em trigo que utilizam outros métodos está entre 0,5 % e 1,5 %. Nesse estudo, eles obtiveram um aumento anual de 3,75 %, já que para cada ciclo de seleção eram necessários 2 anos. O progresso genético é, muitas vezes, alto nos primeiros ciclos de seleção recorrente, principalmente quando o germoplasma mostra boa adaptação ao ambiente.

Utilizando a seleção recorrente fenotípica, os ganhos para rendimento de grãos em trigo são inferiores. De fato, [Moya et al. \(2002\)](#) conduziram um programa de seleção recorrente fenotípica (massal) por sete ciclos seletivos e verificaram que os ganhos genéticos para rendimento de grãos foram de 0,94 % e 1,88 % por ciclo, baseados nos setes e cinco ciclos seletivos, respectivamente. Esse fato pode ter ocorrido, possivelmente, por uma redução na variabilidade genética da população, em virtude do aumento da

freqüência de genes favoráveis que são geneticamente correlacionados com a seleção visual, a qual foi utilizada nesse trabalho.

Recentemente, [Gil et al. \(2003\)](#) avaliaram o efeito de seis ciclos de seleção recorrente sobre caracteres da espiga em trigo. Nesse trabalho, houve progresso genético de 11 % para peso de grãos até o terceiro ciclo seletivo, no qual não foi observada diferença significativa com os valores médios do ciclo seis. Houve também ganho de 7,8 % para o número de espiguetas por espiga após seis ciclos de seleção recorrente, mas isso não proporcionou mais grãos por espigas. No entanto, [Wiersma et al. \(2001\)](#) encontraram aumento linear para peso do grão e redução linear no número de grãos em trigo durante oito ciclos de seleção recorrente.

Na cultura do feijão visando principalmente rendimento de grãos e tipo de grão, a seleção recorrente tem alcançado bons resultados nos últimos anos em plantas autógamas, principalmente no Brasil. O programa de melhoramento de feijão conduzido pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) vem utilizando a seleção recorrente desde 1990 ([RAMALHO et al., 2003](#); [RAMALHO et al., 2005a](#)). Nesse programa, a eficiência do uso da seleção recorrente visando aumento do rendimento de grãos e tipo de grãos foi avaliada por esses autores pelo progresso genético obtido após os quatro primeiros ciclos de seleção. A média de rendimento de grãos das cinco melhores linhagens aumentou em cada ciclo de seleção, sendo o progresso genético obtido nesses primeiros ciclos de seleção de 7,4 % na média das linhagens em relação ao primeiro ciclo. Para o caráter tipo de grãos, o ganho genético com a seleção foi de 10,5 % por ciclo. Os autores mencionam ainda que após os quatro ciclos de seleção não houve evidência de redução da variabilidade na população.

A estimativa periódica do progresso genético é importante para se avaliar as estratégias na condução do programa e propor alterações, se necessário. Assim, dando seqüência ao programa de seleção recorrente utilizado no programa de melhoramento de feijão da UFLA, [Ramalho et al. \(2005b\)](#), após mais três ciclos (V, VI e VII) de seleção recorrente, estimaram novamente o progresso genético, utilizando dessa vez o



desempenho das famílias  $S_{0,2}$  em relação à uma testemunha comum a todas as avaliações. Os autores verificaram um crescente desempenho das famílias com o decorrer dos três ciclos seletivos, com uma estimativa de progresso genético de 7,6 % em relação à média das famílias do ciclo V. Essa estimativa de ganho obtido é muito semelhante à dos quatro primeiros ciclos, que foi de 7,4 % para rendimento de grãos ([RAMALHO et al., 2003](#); [RAMALHO et al., 2005a](#)), obtida por outra metodologia. Deve ser ressaltado que a estimativa da herdabilidade entre as famílias  $S_{0,2}$  no ciclo VII para rendimento de grãos foi muito baixa (2,8 %), sugerindo que a variabilidade pode restringir futuros progressos com a seleção para este caráter nessa população. Contudo, esse problema pode ser solucionado introduzindo outras linhagens no momento da recombinação. Essa é uma grande vantagem da seleção recorrente em plantas autógamas, pois possibilita a introdução de novas linhagens com excelente desempenho em experimentos conduzidos na região, obtidas de outros programas de melhoramento. De acordo com [Ramalho et al. \(2005b\)](#), esse procedimento pode ser adotado durante todo o programa e torna o processo muito mais dinâmico.

Utilizando a seleção recorrente fenotípica para resistência à mancha angular no feijoeiro, [Amaro et al. \(2005\)](#), após cinco ciclos de seleção, obtiveram progresso genético de 4,6 % por ciclo. De acordo com os autores, a principal alternativa para se obter cultivares resistentes, associado a fenótipos favoráveis de outros caracteres, como produção e tipo de grãos, é a seleção recorrente. Para isso, iniciaram um programa de seleção recorrente fenotípica, utilizando as principais fontes de resistência disponíveis e as principais linhagens com grãos tipo carioca em condições de comercialização. As sementes  $F_2$  ( $S_0$ ) de 29 populações foram obtidas e posteriormente semeadas no campo, em março, mês de maior ocorrência do patógeno. Nas 29 populações  $F_2$ , foi realizada uma seleção fenotípica identificando as plantas com menos sintomas do patógeno, que deram origem às famílias  $S_{0,1}$ . Essas famílias foram avaliadas em experimentos considerando além de resistência ao patógeno, tipo de grão e produtividade. As melhores famílias foram recombinadas para a obtenção do primeiro ciclo de seleção recorrente e assim sucessivamente.

É importante salientar que em qualquer ciclo seletivo o processo de seleção das famílias é contínuo, avaliando-se as gerações seguintes. Desse modo, linhagens produtivas e com caracteres agrônômicos de interesse poderão ser extraídas em qualquer ciclo de seleção. Por exemplo, há a cultivar Ouro Vermelho ([CARNEIRO et al., 2005](#)), proveniente do primeiro ciclo de seleção recorrente, realizado pelo programa de melhoramento de feijão da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Dessa forma, o emprego da seleção recorrente é uma importante alternativa para tornar o melhoramento de plantas autógamas mais dinâmico e possivelmente mais eficiente.

Vale ressaltar que a recombinação em plantas autógamas pode ser realizada manualmente ou por meio da macho esterilidade, quando possível. No feijoeiro, embora seja possível a utilização da macho esterilidade, algumas dificuldades são observadas: ao contrário por exemplo do arroz, o pólen do feijão não se dispersa naturalmente, necessitando assim de insetos para realizar a transferência do pólen; uma segunda dificuldade refere-se à identificação e à manutenção das plantas macho estéreis. Diante dessas dificuldades e considerando que a recombinação manual é feita de forma direcionada, o que constitui numa vantagem, para o feijoeiro e outras espécies autógamas, a melhor opção é a recombinação manual.

## Considerações finais

Diferenças nas metodologias empregadas na avaliação do progresso genético, as épocas e os períodos considerados, entre outros, nem sempre permitem comparação ou interpretação satisfatória das mudanças atribuídas a causas genéticas ou ambientais.

É importante salientar que em qualquer ciclo seletivo o processo de seleção das famílias é contínuo, avaliando-se as gerações seguintes. Desse modo, linhagens produtivas e com caracteres agrônômicos de interesse poderão ser extraídas em qualquer ciclo de seleção.

## Referências

AMARO, G. B.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Progresso genético para resistência à mancha angular no feijoeiro após cinco ciclos de seleção recorrente fenotípica. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. Disponível em: < <http://www.cnpaf.embrapa.br/conafe/index.htm> > . Acesso em: 17 maio 2006.

BLEICHER, J.; BALMER, E. Efeito da seleção recorrente fenotípica sobre a resistência à *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonarde & Suggs em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 11, p. 1291-1295, 1993.

CARNEIRO, J. E. S.; CHAGAS, J. M.; JUNIOR, T. J. P.; SILVA, L. C.; ARAUJO, G. A. A.; CARNEIRO, P. C. S.; GIUDICE, M. P.; JUNIOR, J. A. N. M. Ouro vermelho: nova cultivar de feijão vermelho para Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. Disponível em: < <http://www.cnpaf.embrapa.br/conafe/index.htm> > . Acesso em: 22 maio 2006.

CORDEIRO, A. C. C. **Número de intercruzamentos na eficiência da seleção recorrente na cultura do arroz**. 2001. 149 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – UFLA, Lavras.

GERALDI, I. O. Selección recurrente em el mejoramiento de plantas. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente em arroz**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. p. 3-11.

GIL, S. P.; MANERA, G.; DUBLIS, M. E.; MAICH, R. H. Spike changes associated to six cycles of recurrent selection in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Agriscientia**, Córdoba, v. 10, p. 95-98, 2003.

HULL, F. H. Recurrent selection for specific combining ability in corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Geneva, v. 37, p. 134-145, 1945.

MAICH, R. H.; GAIDO, Z. A.; MANERA, G. A.; DUBOIS, M. E. Two cycles of recurrent selection for grain yield in bread wheat. Direct effect and correlated responses. **Agriscientia**, Córdoba, v. 17, p. 35-39, 2000.

MOYA, E. S.; MIR, H. E. V.; GALAN, J. D. M.; RANGEL, E. E.; SANTANA, T. C.; GARZA, A. M. Selección masal visual recorrente para rendimiento de grano en una población androestéril de trigo harinero. **Agrosciencia**, Córdoba, v. 36, p. 191-200, 2002.

RAMALHO, M. A. P. Seleção recorrente. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996, p. 153-165.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. ; SANTOS, J. B. Genetic progress in Common Bean after four cycles of recurrent selection. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Gemena, v. 46, p. 47-48, 2003.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, p. 23-29, 2005a.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos & melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SILVA, F. B.; SILVA, V. M. P. Progresso genético do quinto ao sétimo ciclo de seleção recorrente no melhoramento genético do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005b. Disponível em: < <http://www.cnpaf.embrapa.br/conafe/index.htm> > . Acesso em: 17 maio 2006.

RANALLI, P. Phenotypic recurrent selection in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on performance of S<sub>2</sub> progenies. **Euphytica**, Wageningen, v. 87, p. 127-132, 1996.

RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P.; ZIMMERMANN, F. J. P. Grain yield in three recurrent selection cycles in the CAN-IRAT 4 irrigated rice population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, p. 369-374, 2002.

SINGH, S. P.; TERÁN, H.; MUNÓZ, C. G.; TAKEGAMI, J. C. Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 391-397, 1999.

WIERSMA, J. J.; BUSCH, R. H.; FULCHER, B. G. G.; HARELAND, G. A. Recurrent selection for kernel weight in spring wheat. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 999-1005, 2001.

WILCOX, J.R. Increasing seed protein in soybean with eight cycles of recurrent selection. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 1536-1540, 1998.

# Recurrent Selection in Autogamous Plant Breeding

---

## Abstract

*The recurrent selection is a dynamic and continuous process, which involves the obtainment of individuals or families, evaluation, selection and intercrossing of the best ones, aiming to increase the frequency of the favourable alleles and, consequently, improve the expression of the character selection. The recurrent selection may be carried out in two manners concerning the selection method: selection in individual level also denoted as phenotypic selection or massal selection; and selection in family level, in which populations structured in families are used. The estimatives of the genetic improvements attained by breeding with recurrent selection are a useful tool to quantify the efficiency of the executed works. Differences among the methodologies employed in the evaluation of the genetic improvement, the times and periods considered, among others, not always allow the satisfactory comparison or interpretation of the changes attributed to genetic or environmental causes. It is important to highlight that in any selective cycle the selection process of families is continuous, involving constant evaluations of the following generations. Therefore, productive pure lines presenting interesting agronomic characters may be extracted at any selection cycles.*

*Index terms: selection method, recombination, breeding, genetic process.*