

SELEÇÃO RECORRENTE EM ARROZ DE SEQUEIRO NO BRASIL¹

Orlando Peixoto de Moraes²

Emílio da Maia de Castro

Evaldo Pacheco de Sant'Ana

1. INTRODUÇÃO

As primeiras iniciativas de utilização da seleção recorrente em arroz de sequeiro no Brasil ocorreram a partir de 1984. Ao iniciar seu programa de arroz híbrido, a EMBRAPA/CNPAP, juntamente com o IRAT (Institut de Recherches Agronomiques et des Cultures Vivrières, França), previu uma atividade de melhoramento populacional, por meio da seleção recorrente, visando o desenvolvimento de populações capazes de fornecerem linhagens adequadas para a obtenção de cultivares híbridas.

A população então sintetizada para as condições de sequeiro foi a CNA-IRAT 5, originária do intercruzamento de 27 linhagens, sendo 26 de origem japônica e uma de origem índica. Esta última é uma linhagem mutante da IR36, obtida por Sing & Ikehashi (1981), que carrega um gene recessivo, condicionante da macho esterilidade genética. A relação de todas parentais dessa população e suas respectivas participações relativas são fornecidas por Taillebois & Guimarães (1989).

De maneira independente, a CNA-IRAT 5 tem sido submetida a seleção para produção de grãos (Veillet & Neves, 1993), para resistência à brusone (Veillet & Filippi, 1993; Filippi et al, 1994), para resistência à seca e para qualidade de grãos. Em todos os casos, progressos significativos já foram obtidos, mas as populações melhoradas derivadas se apresentam pouco promissoras como fonte imediata de linhagem com características comerciais, devido à estratégia de seleção implementada que não enfoca simultaneamente todas as características de interesse.

¹ Trabalho apresentado no I Taller Internacional sobre Selección Recorrente em Arroz. Goiânia, GO, 13 a 17 de março de 1995.

² EMBRAPA/CNPAP, Caixa Postal 179, 74001-970, Goiânia, GO.

Excetuando as ações de seleção recorrente acima mencionadas, o programa de melhoramento de arroz de sequeiro em desenvolvimento no CNPAF consistia, até 1992, basicamente de um processo de obtenção e avaliação de linhagens, capazes de atender a demanda, cada vez maior, dos agricultores por cultivares melhoradas. Inúmeras linhagens, nos diferentes níveis de heterozigozidade, que não encerravam todos os atributos requeridos, mas que já representavam progressos em relação a vários deles, eram sistematicamente eliminadas em vez de serem re-utilizadas como progenitores para a geração de novas populações-base. Moraes (1994) descreve, em detalhes, as conseqüências dessa estratégia tradicional de melhoramento das autógamias, salientando os seus efeitos negativos sobre os níveis de recombinação gênica, provisão de nova variabilidade útil e sobre a restrição do conjunto gênico sob exploração.

Uma das conseqüências da pouca utilização em cruzamentos de linhagens geradas pelo próprio programa, mesmo com defeitos importantes em relação a um ou outro aspecto, é o emprego, anos a fio, dos mesmos progenitores convencionais, desenvolvendo, com isso, populações-base que não representam frutos do esforço despendido no ciclo anterior. Nesse caso as populações desenvolvidas por meio dos cruzamentos nos sucessivos ciclos de seleção se tornam pouco contrastantes e as diferenças entre elas não podem ser consideradas ganhos devidos às seleções praticadas. A título de exemplo, dos 47 progenitores utilizados nos cruzamentos de 1990/91, no CNPAF, apenas dois foram selecionados em 1989/90; um em 1988/89; quatro, em 1987/88; outros quatro, em 1986/87; e 36(76,6%!), antes de 1987. Vários deles eram variedades tradicionais como Dourado Precoces, Três Marias, IAC 164, Basmati 370, Cabaçu, Arroz Preto, Pérola, IAC 25, Bico Ganga, etc, quase que invariavelmente presentes nos cruzamentos de todos os anos anteriores.

2. SELEÇÃO RECORRENTE

Constatada a real necessidade de se re-direcionar o programa de tal sorte que uma determinada fase se beneficiasse de todos os progressos auferidos nas fases anteriores, gerando populações sucessivamente melhores e cada vez de maior potencialidade para serem adotadas como fonte de extração de linhagens, decidiu-se por re-estruturá-lo, centrando-o dentro de um esquema básico de seleção recorrente (intrapopulacional).

2.1. ESCOLHA DOS PROGENITORES

Naturalmente, os progenitores escolhidos dependem dos objetivos do programa, que variam de acordo com as condições de cultivo. No Brasil, há duas condições bem caracterizadas (Sant'Ana, 1985): sequeiro e sequeiro favorecido, abreviadas, aqui, por S e SF, respectivamente. No primeiro caso, é freqüente a ocorrência de deficiência hídrica e de brusone. No segundo, há pequena probabilidade de seca, mas a incidência de mancha de grãos, além de brusone, é geralmente observada. Em ambos os casos, qualidade de grãos (classe longo-fino, alta translucidez, alto rendimento de engenho e teor intermediário de amilose), produção de grãos e resistência ao acamamento são características desejadas. Para a condição S, a precocidade, especialmente por condicionar maior freqüência de escape à seca, constitui outra característica preferida.

Para a formação das populações-base, os progenitores foram escolhidos, considerando as características de interesse, preferencialmente entre as cultivares comerciais e linhagens elites do programa. Diante da necessidade de ampliar o conjunto gênico das populações, outros progenitores foram extraídos do conjunto de linhagens das diversas gerações segregantes e de introduções, mesmo que deficientes em uma ou mais característica importante. Evitou-se nesta fase, a utilização de variedades primitivas ou silvestres, a não ser em alguns casos especiais de busca de resistência à brusone e de resistência à seca.

2.2. FORMAÇÃO DAS POPULAÇÕES-BASE

Visando a seleção simultânea para as várias características de interesse, quatro populações já foram estabelecidas, sendo duas para as condições S (CG1 e CNA6) e outras duas para as condições SF (CG2 e CNA10). As populações CNA6 (Tabela 1) e CNA10 (Tabela 2) foram sintetizadas com a introdução de outros progenitores na população CNA-IRAT 5, por meio de mistura não dirigida, conforme descrito por Chatel & Guimarães (1994). A CG1 e a CG2 foram desenvolvidas por meio de cruzamentos manuais. A CG2 ainda está sujeita à variação em sua composição final, mas a CG1 já tem a sua constituição definida e, como exemplo, será descrito o processo de sua formação.

Decidiu-se, inicialmente, que a CGI deveria ser precoce e que, entre seus parentais, se encontrassem fontes de resistência à brusone, de resistência à seca e de qualidade de grãos. Foi possível relacionar 19 parentais (Tabela 3) que, no seu conjunto, atendessem a esses requisitos e que, adicionalmente, fossem pouco relacionadas, geneticamente, entre si. Com a impossibilidade prática de se realizar um inter cruzamento pleno entre todos os parentais, optou-se por utilizar um esquema de dialelo parcial ou circulante, conforme Cruz & Regazzi (1994), em que cada parental foi cruzado com seis outros (Tabela 4), preservando igual participação em cruzamentos para todos parentais.

Uma vez obtidos todos os 6x19=114 F1's, foram realizados os cruzamentos duplos, em que cada cruzamento simples foi utilizado uma vez como pai e uma vez como mãe, evitando-se os casos em que um mesmo parental original fosse envolvido mais de uma vez em um dado cruzamento duplo.

Todos os F1's duplos foram semeados diretamente no campo entre faixas disseminadoras de brusone, em parcelas de uma a duas linhas de 5m de comprimento, espaçadas de 40cm. O espaçamento entre plantas na linha foi de 10cm. A cada nove parcelas de cruzamento, intercalou-se uma testemunha ('Guarani'), com a mesma densidade de semeadura.

De cada cruzamento, selecionaram-se, por meio de avaliações visuais, as quatro plantas de melhor desempenho geral, considerando produtividade, classe de grãos (padrão preferido: longo e fino), precocidade, sanidade e arquitetura.

Para quantificar os resultados dessa seleção dentro de cruzamento, baseada em observação visual, foram efetivamente avaliadas, nas plantas selecionadas e em seis plantas tomadas ao acaso (podendo incluir ou não as selecionadas) de uma amostra de 59 cruzamentos, as seguintes características: produção de grãos, altura de planta, comprimento de panícula, número de panículas por planta, esterilidade, mancha de grãos e classe de grãos. Na testemunha, foram avaliadas oito plantas/parcela.

Os resultados dessa avaliação encontram-se na Tabela 5. Observou-se que, apesar de uma certa esterilidade em alguns cruzamentos a população apresentou médias de número de panícula, de comprimento de panícula e de produção de grãos semelhantes as da Guarani (Testemunha). A grande maioria dos cruzamentos apresentou grãos mais finos que a testemunha, sendo que vários deles (A8-204-1/CNA7013-D//CNAx4037-26-1-1/CNA6710, CNA7013-D/CNAx4037-26-1-1//CNA7455/CNA7892, New Bonnet/Colombia 1//A8-204-1/CNA7013-D, etc) mostraram alta

frequência de platas com grãos agulhinha (longo- finos). Embora as respostas à seleção tenham sido estimadas, utilizando a herdabilidade em seu sentido amplo, espera-se, com a seleção efetuada, uma significativa redução na esterilidade (24,1%), ganhos razoáveis em número de panículas por planta (15,3%) e em produção de grãos (10,9%); e ganhos menos expressivos em comprimento de panícula, resistência à mancha de grãos e na melhoria da classe de grãos.

Em agosto de 1994, fez-se o terceiro intercruzamento, em que cada cruzamento duplo, representado pelas quatro plantas selecionadas, participou apenas uma vez como pai e outra vez como mãe, procurando reduzir ao máximo a presença de um mesmo parental original em cada um dos cruzamentos múltiplos. Espera-se com isso, que os cruzamentos tenham ocorrido entre os indivíduos menos aparentados, colocando a população em seu maior nível de heterozigotidade, para favorecer a recombinação gênica.

No decorrer da formação da CGL, um número crescente de cruzamentos foram considerados úteis para extração de linhagens (Tabela 6): 36,8%; 68,4%; e 89,5%, respectivamente para os cruzamentos simples, duplos e múltiplos (oito parentais).

2.3. IMPLEMENTANDO A SELEÇÃO

Constituídas as populações, planejou-se melhorá-las, utilizando-se, para o caso das que são recombinadas por meio de macho-esterilidade genética, um ou mais ciclos iniciais de seleção massal, baseada em avaliação visual (Figura 1). Para as populações recombinadas manualmente, as seleções serão realizadas com avaliação de progênes, desde a fase inicial. Nesse caso, por serem os cruzamentos mais onerosos, devem-se utilizar unidades de recombinação com desempenho geral definido com mais precisão.

Em todos casos, os primeiros ciclos de seleção estão sendo realizados com avaliação apenas em Goiânia (EMBRAPA/CNPAP). Posteriormente, utilizando progênes $F_{1:3}$ ou $S_{0:2}$, as avaliações serão regionalizadas, prevendo-se as localidades de Goiânia-GO (com irrigação/suplementar), Lucas do Rio Verde-MT, Vilhena-RO e Rio Branco-AC, para a região favorecida. Para a região não favorecida, os locais de avaliação serão Goiânia-GO (sem irrigação), Rondonópolis-MT, Lavras-MG e Terezina-PI.

Na Figura 2, visualizam-se as fases do programa de melhoramento que deverão ser utilizadas, quando as unidades de avaliação forem progênes $F_{1:3}$ ou $S_{0:2}$. Após

os intercruzamentos, a população F_1 (cruzamento manual) ou S_0 (cruzamentos, utilizando mancho-esterilidade genética) será semeada diretamente no campo, entre fontes disseminadoras de brusone, em baixa densidade, para facilitar a avaliação (visual) de cada planta. As plantas com reação de suscetibilidade a esta enfermidade serão arrancadas e, na colheita, selecionar-se-ão as que se apresentarem promissoras em relação a todas características de interesse, inclusive quanto à potencialidade de fornecer segregantes de melhor aceitação fenotípica nas gerações posteriores. O plantio mais tardio (final de dezembro ou início de janeiro) favorece a maior incidência de doenças, principalmente brusone.

No ano agrícola seguinte, as progênies $F_{1:2}$ (ou S_1) serão semeadas em parcela de 200 plantas (quatro fileiras de 5m de comprimento, espaçadas 40 cm entre fileira e com cerca de 10cm entre plantas/fileira), novamente entre fontes disseminadoras de brusone, com testemunha intercalar. Praticar-se-á a seleção entre e dentro de progênies. Cerca de 200 a 300 progênies (uma a três progênies por cruzamento, no caso de recombinação manual) serão selecionadas e de cada uma delas serão armazenadas amostras de sementes das cinco plantas de melhor aceitação fenotípica. No terceiro ano, a progênies $F_{1:3}$ ou $S_{0:2}$ serão avaliadas em ensaios com repetição, em vários locais, em parceria com outras instituições de pesquisa do País. Procurando-se manter um tamanho efetivo não inferior à 50, as melhores progênies serão identificadas, baseando-se em seu desempenho geral quanto a produção de grãos, resistência a doenças, resistência ao acamamento, qualidade de grãos, resistência à seca (no caso das populações para as condições S) etc. As sementes remanescentes das cinco plantas selecionadas dentro destas progênies em $F_{1:2}$ ou S_1 serão utilizadas para recombinação, com plantio efetuado em julho-agosto. Em janeiro do ano seguinte, as populações melhoradas (recombinadas) serão submetidas a novo ciclo de seleção, que tem duração de três anos.

Se se fizesse a multiplicação das $F_{1:2}$ (ou S_1) na entre-safra (plantio em maio), poder-se-ia terminar o ciclo de seleção em dois anos, mas, nesse caso, perder-se a oportunidade de se efetuar a seleção entre e dentro de progênies, nesta geração, uma vez que a referida multiplicação seria realizada em condições ambientes reconhecidamente diferentes daquela encontrada durante o período normal de cultivo. Assim, pelo menos enquanto estiver se observando progressos

compensáveis com a seleção em $F_{1:2}$ (ou S_1) em ensaios sem repetição, optar-se-á pelo ciclo de seleção em três anos agrícolas.

Outra forma de compensar, a longo prazo, essa maior duração do ciclo de seleção, consiste em ampliar o conjunto gênico sob melhoramento. Para tanto duas novas populações estão sendo sintetizadas, uma para a condição de cultivo S(CG3) e outra para SF (CNA7). Como mostra a Tabela 7, haverá, tanto em sequeiro como em sequeiro favorecido, três populações sendo melhoradas, estando cada uma delas em uma fase distinta do ciclo de seleção. Embora para cada população, o ganho anual possa ser menor, um "background" genético bem mais amplo estará sendo melhorado, o que garante progressos futuros mais promissores, com possíveis fusões de duas ou mais populações, com certo grau de divergência e com médias das características de interesse já bastante alteradas no sentido desejado.

É oportuno salientar que, pelo menos em alguns cruzamentos, a quantidade de progênies $F_{1:2}$ com potencial para extração de linhagens seja bem maior do que as incluídas nos ensaios regionais de avaliação de $F_{1:3}$. Por outro lado, algumas progênies incluídas nos ensaios regionais, julgadas valiosas para fins de melhoramento da população, poderão não encerrar todas as características desejáveis em uma cultivar. De qualquer forma, todas as $F_{1:2}$, incluídas ou não nos ensaios regionais, consideradas promissoras como fonte de linhagens serão conveniente exploradas nas gerações posteriores, visando a seleção de linhas fixadas, com as características capazes de atender as demandas dos produtores e consumidores de arroz, conforme exemplifica a Figura 3.

2.4. ALGUNS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Mesmo sendo relativamente recentes as ações de seleção recorrente em arroz de sequeiro no Brasil, os seus primeiros resultados demonstram a importância de sua utilização. São resultados obtidos, explorando, basicamente, a CNA-IRAT 5.

Separadamente, essa população foi submetida a dois ciclos de seleção para classe de grãos por Castro³ e por Veillet⁴ (dados não publicados), visando o padrão longo-fino ou agulhinha. Nos dois casos, significativas melhorias na qualidade de grãos foram conseguidas, pois os grãos da população que, originalmente, se classificava entre 7 (Rio Paranaíba) e 8 (IRAT 13), quanto à

³Emílio da Maia de Castro, EMBRAPA/CNPAP

⁴Stanislas Veillet, CIRAD-CA (França)

classe de grãos, atualmente já apresenta estimativas de média para classe de grãos entre 4 (Metica 1) e 5 (Araguaia). Grãos de classe 4 ou inferiores são classificados como agulhinhas.

Antes da fase de recombinação do último ciclo de seleção realizado por Veillet, as progenies S_1 das 182 plantas selecionadas pelo referido pesquisador foram, adicionalmente, avaliadas por Morais⁵ e Castro (dados também não publicados), para produção de grãos e outras características de interesse, em experimentos conduzidos no CNPAF. Para seleção, considerando as várias características avaliadas (produção de grãos, PROD; classe de grãos, CG; altura de planta, ALT; número de dias para a floração média, FLOR; resistência à seca na fase vegetativa, RS; mancha de grãos, MG; brusone nas folhas, BF; e brusone no pescoço, BP), utilizou-se a metodologia do índice clássico de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943). Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 8.

Empregando-se os coeficientes genéticos (MORAIS, 1972) de -5, -10, -600, -50, -40, 1, -500 e -1000, respectivamente para MG, BF, BP, ALT, FLOR, PROD, CG e RS, e uma intensidade de seleção correspondente a 16,6%, obteve-se uma resposta esperada para maior produção de grãos de 63,62%, bem como ganhos favoráveis para todas características avaliadas, principalmente para mancha de grãos (16,16%) e brusone da folha (14,96%). Como se vê, exigiu-se maior resposta para produção de grãos, pois a população apresentava uma produtividade média correspondente a pouco mais da metade do rendimento da testemunha Rio Paranaíba. É preciso considerar, contudo, que a produtividade da população está sendo prejudicada pela presença do gene de macho esterilidade genética, que deve se expressar em cerca de 25% das plantas em S_1 .

Com a intensidade de seleção utilizada, foram selecionadas apenas 25 progênies, que representam um tamanho efetivo insuficiente para evitar a perda de alelos favoráveis. Decidiu-se por essa forte pressão de seleção por que, anteriormente, já se optara pela fusão das duas subpopulações então em melhoramento pelo Dr. Veillet e pelo Dr. Castro. Sementes das 25 progênies selecionadas foram então misturadas com igual quantidade de sementes de 112 plantas férteis S_0 , selecionadas no segundo ciclo de seleção realizado pelo Dr. Castro. Assim, possíveis genes favoráveis, perdidos por oscilação genética com a seleção das 25 progênies, certamente foram recuperados com a fusão das duas

⁵Orlando Peixoto de Morais - EMBRAPA/CNPAF

subpopulações. Outro fato a ser considerado é que os ganhos alistados na Tabela 8 devem, com a fusão, ter se reduzido pela metade, já que as 25 progênies selecionadas contribuíram com apenas 50% dos genes da população final melhorada.

A CNA-IRAT 5 tem sido submetida à seleção visando também outras características. Para o caso de linhas duplo-haplóides, como unidade de avaliação, extraídas dessa população, Veillet & Neves (1993) e Veillet & Filippi (1993) obtiveram respostas à seleção de, respectivamente, 42,42%, para produção de grãos, e de 14,78% para resistência à brusone, empregando uma intensidade de seleção correspondente a 10%. Filippi et al (1994), avaliando a resposta observada em três ciclos de seleção da CNA-IRAT9B, derivada da CNA-IRAT5, para resistência parcial à brusone, encontraram ganhos crescentes, com aumento da variabilidade para resistência, nos sucessivos ciclos de seleção (Tabela 9).

3. PLANOS PARA O FUTURO.

A população CNA-IRAT 5 continuará sendo submetido à seleção visando qualidade de grãos. Nesse sentido, a população em melhoramento passou a ser identificada, acrescentando-se-lhe a sigla GR (grão). A população semeada em campo em 1994/95 é designada por CNA-IRAT 5GR/2/1, ou seja, CNA-IRAT 5 após dois ciclos de seleção para qualidade de grãos, com apenas uma recombinação depois da última seleção. É oportuno salientar que foi introgressada na CNA-IRAT 5 seis outras linhagens de grãos lisos e finos, após o primeiro ciclo de seleção, nas proporções relacionadas na Tabela 10.

Visando seleção para todas características de interesse, serão utilizadas as populações da Tabela 7, em que a CNA 7 ainda será submetida a introgressão principalmente de fonte de precocidade e de qualidade de grãos. A CG3 ainda se encontra em fase de formação, com composição também indefinida. Prevê-se que cada população, a partir de determinada fase, passa a ser melhorada com a seleção baseada em avaliações regionais de progênies $F_{1:3}$ ou $S_{0:2}$. Nesse ponto, estar-se-á procurando melhorar a adaptação regional das populações, frente as adversidades do meio de natureza biótica ou abiótica. Antes disso, porém, todas as populações estão sendo melhoradas para características de alta herdabilidade, com avaliações, realizadas apenas em Goiânia, ao nível de plantas S_0 ou de progênies S_1 .

Foram ainda sintetizadas duas populações visando problemas específicos. Destas, a CNA 8 (Tabela 11) destina-se à seleção para resistência a pragas, principalmente cupins subterrâneos (Syntermes molestus), cigarrinha das pastagens (Deois flavopicta) e broca do colo (Elasmopalpus lignosellus), enquanto a CNA 9 (Tabela 12) será melhorada para adaptação especificamente a solos de baixa disponibilidade de fósforo. Espera-se, com isso, desenvolver um "background" genético diversificado que, no futuro, poderá servir de excelentes fontes de resistência aos principais estresses dos diferentes ambientes de cultivo do arroz de sequeiro no Brasil.

As vantagens da seleção recorrente no aumento da frequência de alelos favoráveis à maior produção de grãos e, ou a outras características desejadas são amplamente discutidas por Patterniani & Miranda Filho (1987), Hallauer (1985), Fehr (1987), Moraes (1984), entre outros. Sempre se demonstra que, à medida em que se avança os ciclos de seleção, aumenta-se a probabilidade de identificação de indivíduos superiores na população.

Durante os sucessivos ciclos de seleção, poder-se-á detectar a conveniência de introgressões de genes nas populações, para qualquer uma das características objeto de seleção. Estas introgressões poderão ser realizadas durante o processo de recombinação. Para se avaliar as consequências dessas introgressões sobre todas as características sob seleção, cada nova fonte de gene será cruzada com uma amostra de indivíduos da população, sendo as famílias de meio irmãos resultantes avaliadas juntamente com as progêneses $F_{1:3}$ ou $S_{0:2}$, nos ensaios regionais. Com isso, poder-se-á avaliar a capacidade geral de combinação (CGC) desses imigrantes potenciais com a população. Se sua CGC for significativa e no sentido desejado, significa que apresenta divergência genética em relação à população e que pode contribuir com alelos favoráveis para o melhor desempenho da população. Nesse caso, na recombinação seguinte, os novos genes serão definitivamente incorporados na população.

Com esses procedimentos, pretende-se tornar a seleção recorrente um processo rotineiro de melhoramento do arroz de sequeiro no CNPAF, visando o desenvolvimento de populações cada vez melhores e que serão utilizadas como fontes de extração de linhagens, para atender a demanda crescente da sociedade por novas cultivares de melhor desempenho geral.

4. LITERATURA CITADA

- CHATEL, M; GUIMARÃES, E.P. Guia para la formacion, el mantenimiento, el mejorament, la seleccion de lineas y la introduccion de variabilidad en el poblaciones de arroz segregand por un gene recesivo de androesterilidad. Cali: CIAT, 1994. 41p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 1994. 390p.
- FEHR, W.R. Principles of cultivar development. Vol.1. Teoria and technique. New York: MacMillan Publishing Company, 1987. 536p.
- FILIPPI, M.C.; PRABHU, A.S.; NEVES, P.C.F.; NOTTEGGHEM, J. L. Eficiência da seleção recorrente sobre a resistêncial parcial à brusone em arroz de sequeiro. Resumos: Fitopatologia Brasileira. v.19, p.279, 1994. (Suplemente).
- HALLAUER, A.R. Compendium of recurrent selection methods and their apllication. CRC Critical Reviews in Plant Sciences. v.3, n.1, 1985.
- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. Genetics, v.28, p.476-490. 1943.
- MORAIS, O.P. de. Fatores ecofisiológicos e genéticos que afetam o melhoramento do arroz (Oryza sativa L) para maior produtividade. Trabalho apresentado na IX Conferência Internacional de Arroz para a América Latina e para o Caribe. Goiânia, 21 a 25 de março de 1994. Goiânia: CNPAF, 1994. 13p.
- PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, F.B. Melhoramento de populações In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (eds). Melhoramento e produção de milho. Vol. 1. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.217-74.
- SANT'ANA, E.P. Melhoramento genético do arroz. II Curso de pesquisa e produção de arroz. Goiânia: CNPAF, 1987. 130p.

- SING, R.J.; IKEHASHI, H. Monogenic male-sterility in rice: introduction, identification and inheritance. **Crop Sci**: v.21, p.186-289. 1981.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Ann. Eugen.**, v.7, p.240-250, 1936.
- TAILLEBOIS, J.; GUIMARÃES, E.P. CNA-IRAT 5 Upland rice population. **IRRN**, v.14, p.3. 1989.
- VEILLET, S.; FILIPPI, M.C. Combined genetic analysis of partial blast resistance in a rice population and recurrent selection for line and hybrid values. In: VEILLET, S. (ed). **Organization of the genetic variability and recurrent selection in rice (Oryza sativa L.)**. Montpellier: CIRAD-CA, 1993. p.:27-46. (Tese Doutorado).
-
- VEILLET, S.; NEVES, P.C.F. Combined genetic analysis of grain yield in upland rice population and recurrent selection for line and hybrid values. In: VEILLET, S (ed). **Organisation of the genetic variability and recurrent selection in rice (Oryza sativa L.)**. Montpellier: CIRAD-CA, 1993. p.:10-26. (Tese Doutorado).

TABELA 1. Composição da população CNA6. Seleção para as condições de sequeiro.

Fontes	Origem	Participação Final (%)
Rio Verde	M312A/Colombia 1	1,93
Rio Paraguai	IAC47/63-83	1,38
IAC84-198	IAC165//IAC165/PL-9	0,55
IREM 238 (IREM 293-B)	PJ110/IAC25	0,83
IRAT 10	Lung Sheng/63-104	0,55
CNA6186	B.Campo/IAC47//Amarelão/T.M.Branco	0,55
IAC25R*	IAC1246/D.Precoce	3,47
IRAT112R**	IRAT13/D.Precoce	3,47
CNA6710	IREM293-B/IAC81-176	1,38
CNA4442	Nº7392 Gervex	1,68
Cuttack 4	Fonte Introduzida	0,55
Japonês Claro (780169)	Variedade Tradicional	1,93
Guaíra (CNA1240)	Variedade Tradicional	1,93
Campininho (780191)	Variedade Tradicional	1,93
Agulha Branco (CNA6524)	Variedade Tradicional	0,61
Japonês (780135)	Variedade Tradicional	0,61
Precoce Branco (780029)	Variedade Tradicional	1,93
Arroz de Revenda (CNA5584)	Variedade Tradicional	1,93
Três Meses Branco (780353)	Variedade Tradicional	1,93
Cana Roxa Ligeiro (780279)	Variedade Tradicional	0,56
Pratão Goiano (780336)	Variedade Tradicional	0,56
Muruim Ligeiro (780299)	Variedade Tradicional	0,56
Vermelho (790044)	Variedade Tradicional	0,56
Cem Dias (780177)	Variedade Tradicional	0,56
Bico Ganga (CNA0420)	Variedade Tradicional	1,93

Continua...

TABELA 1. Continuação.

Fontes	Origem	Participação Final (%)
Rikuto Norim 21 (CNA4855)	Variedade Tradicional	0,56
Puteca-GO (780217)	Variedade Tradicional	1,38
População CNA-IRAT5/2/1	-	63,6

* Com fontes de resistência de: BG 90-2, Três Marias, Pussur, Ramtulasi, H-5, Dawn, Basmati 370-1, Colombia 1.

** Com fontes de resistência de: T-23, CTG 1516, Carreon, Tetep

OBS. A população CNA-IRAT 5/2/1 fora submetida a dois ciclos de seleção para classe de grãos e a um ciclo de recombinação. Foram utilizada sementes de S_0 com 25% de mancho-estéreis.

TABELA 2. Composição da população CNA 10, sintetizada visando seleção para várias características de interesse, em condições de sequeiro favorecido.

INTRODUÇÃO	ORIGEM	PARTICIPAÇÃO RELATIVA (%)
CNA 6843-1	TOx1010-49-1/IRAT 121// (COL.1X312A)	0,91
CNA 6892	Lebonet/CNAx1165-1-B-44	0,91
CNA 6895	CICA 8/Quebra Cacho//BG90-2	0,91
CNA 6891/CNA 7457	CNAx551-1-B-30/BR-IRGA 410	0,91
CNA 7892	L-81-40/Cuiabana	0,91
CNA 7449	Ciwini/IRAT 13//IAC 164	0,91
CNA 7445	TOx939-107-2-101-1B/ (COL. 1XM312A)//TOx1780-2-11P-4	0,91
CNA 7462	TOx1010-45-1/(COL.1X312A)// TOx1780-21P-3	0,91
CNA 7455	Dawn/CNAx551-1-B-B	0,91
CNA 6687	TOx1785-19-18/IAC 164	0,91
CNAx3031(5 linhas F6)	Guaporé/Lebonet	1,82
CNAx3025-11-1-1-1	Sagrimão/IRAT 13//Agulha Caqui	0,91
CNAx1943-23-1-1-1-1	IRAT 112/Camponi//CNAx1165-18-44	0,91
CNAx1964-11-2-1-1-1	CICA 8/Camponi//IAC 164	0,91
CNAx1947-81-3-1-1	CNA 4175/Metica 1//A8-204-1	0,91
CNA 6724-1	IRAT 216/IRAT 124/RHS 107-2-1- 2TB-1-JM	0,91
CNA 7904	IRAT 216/IRAT 124//RHS 107-2-1- 2TB-1JM	0,91
CNAx4036-5-1-1	A8-204-1/Guarani//IRAT 216	0,91
CNAx4037-26-1-1	CNA 4143/A8-204-1//Araguaia	0,91
CNA 7690/CNA 7066	Araguaia/Cuiabana	0,91
CNA 7645	TOx1010-22-7-18/COL.1//IAC 47	0,91
CNA 7127	L 85-11/IRAT 216	0,91
CNA 7119	IAC 164/IRAT 216	0,91
CNA 7914	Mutante de Guarani	0,91
IAC 201	IAC 165/Labelle	0,91

Continua...

...continuação, TABELA 2.

INTRODUÇÃO	ORIGEM	PARTICIPAÇÃO RELATIVA (%)
CNA 6710	IREM 293-B/IAC 81-176	0,91
A8-204-1	Linhagem do IAPAR	0,91
Mearim	TOM 1-3	0,91
IAC 25 R*	IAC 1246/Dourado Precoce	2,73
IRAT 112 R*	IRAT 13/Dourado Precoce	2,73
Araguaia Trindade 3-1	Seleção em Araguaia	0,91
Rio Verde	M312A X Colômbia 1	0,91
AV.MET.Nº30 91/92	Cuiabana/CNAX784-5	0,91
Lemont	Lebonet//P1331581/CI9881	0,91
New Bonnet	Variedade Americana	0,91

CNA IRAT 521	-	- 63,36

*	Mistura de linhas com genes de resistência à brusone de BG 90-2, Três Marias, Pussur, Dawn, Basmati 370, Ramtulasi.	
**	Mistura de linhas com genes de resistência à brusone de T-23, CTG 1516, C46-15, Carreon e Tetep.	

TABELA 3. Relação de progenitores da população CG1. Seleção para as condições de sequeiro.

PROGENITORES	CRUZAMENTO
CNAx3031-13-B-1-1	Lebonet/Guaporé
CNA6687	TOx1785-19-18/IAC164
Rio Doce	IAC F3-5/Batatais
IAC25R*	IAC1246/Dourado Precoce
L90-28	-
A8-204-1	-
CNA7013-D	IREM195/Cuiabana
New Bonnet	-
IAC84-198	IAC165//IAC165/PL-9
Lemont	Lebonet//Pi331581/CI9881
Chorinho-MG	Variedade Tradicional -
CNA7455	Dawn/CNA551-1-B-30
CNAx4037-26-1-1	CNA4143/A8-204-1//Araguaia
Colombia 1	-
CNA7914	Mut. Guarani
IAC201	IAC165/Labelle
CNA7892	L81-40/Cuiabana
IRAT112R**	IRAT13/Dourado Precoce
CNA6710	IREM293-B/IAC81-176
* Cinco linhas de IAC 25 com genes de resistência à brusone de BG90-2, Três Marias, Dawn, Basmati 370 e Pussur.	
** Cinco linhas de IRAT112 com genes de resistência à brusone de T-23, CTG1516, C46-15, Carreon e Tetep.	

TABELA 4. Relação dos cruzamentos simples (1º inter cruzamento), para início da formação da população CG1 (Dialelo Circulante).

PROGENITORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1		+	+	+	+	+	+												
2			+	+	+	+	+	+											
3				+	+	+	+	+	+										
4					+	+	+	+	+	+									
5						+	+	+	+	+	+								
6							+	+	+	+	+	+							
7								+	+	+	+	+	+						
8									+	+	+	+	+	+					
9									+	+	+	+	+	+	+				
10									+	+	+	+	+	+	+	+			
11										+	+	+	+	+	+	+	+		
12											+	+	+	+	+	+	+	+	
13	+											+	+	+	+	+	+	+	+
14	+	+										+	+	+	+	+	+	+	+
15	+	+	+									+	+	+	+	+	+	+	+
16	+	+	+									+	+	+	+	+	+	+	+
17	+	+	+	+								+	+	+	+	+	+	+	+
18	+	+	+	+	+							+	+	+	+	+	+	+	+
19	+	+	+	+	+	+						+	+	+	+	+	+	+	+

OBS.:

- | | | |
|----------------------|-----------------|---------------------|
| 1. CNAx3031-13-B-1-1 | 7. CNA7013-D | 13. CNAx4037-26-1-1 |
| 2. CNA6687 | 8. New Bonnet | 14. Colombia 1 |
| 3. Rio Doce | 9. IAC 84-198 | 15. CNA7914 |
| 4. IAC 25R | 10. Lemont | 16. IAC 201 |
| 5. L90-28 | 11. Chorinho-MG | 17. CNA7892 |
| 6. A8-204-1 | 12. CNA7455 | 18. IRAT 112 |
| | | 19. CNA6710 |

TABELA 5. Estimativas de média populacional, média das plantas selecionadas e da testemunha (Guarani), herdabilidade no sentido amplo (h^2) e de resposta esperada à seleção para altura de planta, número de panículas/planta (NPAN), comprimento de panícula (CPAN), esterilidade das espiguetas (EST), produção de grãos (PROD), mancha de grãos (MG) e classe de grãos (CG), nos cruzamentos duplos do segundo inter cruzamento durante a formação da CG1. CNPAF, 1993/94.

PARÂMETRO	ALTURA (cm)	NPAN (nº)	CPAN (cm)	EST. (1-9)	PROD. (g/pl)	MG (1-9)	CG (1-9)
Média Pop. Original	98,5	5,8	24,7	2,9	12,8	1,5	5,8
Média Pop. Selec.	102,6	7,8	26,1	2,2	20,7	1,4	5,6
Média Guarani (test)	99,9	5,4	23,8	1,0	13,8	1,1	7,0
h^2 (%)	62,9	44,3	25,2	98,6	24,0	54,9	98,0
Resp. Sel. (%)	-2,6	15,3	6,7	24,1	10,9	6,7	3,4

OBS.: Foram selecionadas quatro plantas/cruzamentos, para o terceiro inter cruzamento.

TABELA 6. Número de cruzamentos considerados promissores para extração de linhagens durante o 1º, 2º e 3º intercruzamento. População CG1.

Fase	Cruz.	Cruz. Úteis	Exemplo
Intercruzamento 1	114	42 (36,8%)	(1)
Intercruzamento 2	114	78 (68,4%)	(2)
Intercruzamento 3	114	102 (89,5%)	(3)

Exemplo:

- (1) CNAx3031-13-B-1-1/IAC25R
- (2) COL.1/IAC201//IAC25R/A8-204-1
- (3) CNAx3031-13-B-1-1/IAC25R//CNA7455/CNAx4037-26-1-1//
Rio Doce/A8-204-1// IAC201/ IRAT 112R

TABELA 7. Cronograma de exploração de seis populações de arroz (três para sequeiro-S e três para sequeiro favorecido-SF), visando melhoramento para todas características de interesse.

ANO AGRÍCOLA	CONDIÇÃO S			CONDIÇÃO SF		
	CG1	CNA6	CG3	CG2	CNA10	CNA7
94/95	Rec/F ₁	S ₀ /Rec	Id.Prog.	AV	S ₀ /Rec	AV/Rec
95/96	F _{1:2}	S ₀ /Rec	Id.Prog.	Rec/F ₁	S ₀	S ₀ /Rec
96/97	Rec/F ₁	S ₀	Av	F _{1:2}	S ₁	S ₀ /Rec
97/98	F _{1:2}	S ₁	Rec/F ₁	AVR	Rec/S ₀	S ₀
98/99	AVR	Rec/S ₀	F _{1:2}	Rec/F ₁	S ₁	S ₁
99/00	Rec/F ₁	S ₁	AVR	F _{1:2}	AVR	Rec/S ₀
00/01	F _{1:2}	AVR	Rec/F ₁	AVR	Rec/S ₀	S ₁
01/02	AVR	Rec/S ₀	F _{1:2}	Rec/F ₁	S ₁	AVR
02/03	Rec/F ₁	S ₁	AVR	F _{1:2}	AVR	Rec/S ₀

OBS.:

Rec/F₁: Recombinação em agosto e semeadura das F₁ em janeiro.

F_{1:2} ou S₁: Avaliação de F_{1:2} ou S₁, em Goiânia.

AVR: Avaliação regional deprogênes F_{1:3} ou S_{0:2}, em ensaios com repetição.

S₀/Rec: Avaliação da população S₀ em novembro e recombinação em maio.

S₀: Avaliação da S₀ em novembro (SF) ou janeiro (S).

S₁: Avaliação da S₁ em Goiânia.

Rec/S₀: Recombinação em agosto e avaliação da população S₀ em janeiro.

Id.Prog.: Identificação de progenitores potenciais.

AV: Avaliação em Goiânia.

Rec/F₁: Recombinação em agosto e avaliação da população F₁ em janeiro.

AV/Rec: Avaliação em novembro e recombinação em maio.

TABELA 8. Média original (Mo), vetor de coeficientes genéticos utilizados (a), vetor de coeficientes fenotípicos estimados (b), herdabilidade (h^2 , em %), ganhos de seleção esperados (Gs, em %), médias esperadas da população melhorada (Me), e média da testemunha (Mt). Avaliação de 182 progênies S1 da população CNA-IRAT 5/1/1, selecionados para classe de grãos. Testemunha: Rio Paranaíba. Goiânia, 1992/93.

Caráter	Mo	a	b	h^2 (%)	Gs(%)	Me	Mt
MG(1-9)	3,65	-5	-38,79	84,81	-16,16	3,06	2,5
BF(1-9)	4,01	-10	-22,29	74,60	-14,96	3,41	3,5
BP(1-9)	2,83	-600	23,08	62,67	-6,01	2,66	2,7
ALT(cm)	88,87	-50	-17,95	76,22	-0,39	88,52	88,0
FLOR(dias)	98,68	-40	-11,19	78,56	-0,32	98,36	99,0
PROD(g/0,8m ²)	105,72	1	3,07	89,14	63,62	172,98	190,0
CG(1-9)	4,83	-500	-138,73	35,75	-1,86	4,74	7,0
RS(1-9)	5,79	-1000	-106,02	29,82	-3,11	5,61	5,5

OBS.: Intensidade de seleção correspondente a 16,57%.

TABELA 9. Médias de brusone nas folhas (BF), coeficiente de variação fenotípica (CVp) e resposta à seleção (RS) para resistência parcial à brusone nas folhas na população CNA-IRAT 9B.

POPULAÇÃO	BF (1-9)	CVp (%)	RS (%)
P0	7,31a ^{1/}	21,66	-
P1	6,61ab	24,94	9,57
P2	5,69 bc	32,65	12,58
P4	5,26 c	30,51	28,04

^{1/}Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Filippi et al (1994).

TABELA 10. Composição resumida da população de arroz de sequeiro CNA-IRAT 5GR/2/1.

Componentes	Cruzamentos	Participação relativa (%)
CNA-IRAT 5	*	92,500
CNA6187	IRAT13/Beira Campo// CNAx104/Pérola	1,875
Araguaia**	IAC47/TOS2578/7-4-2-3-B2	1,875
CT7756-14-3-2	TOx1010-22-7-1B/COL 1//IAC 47	0,625
CT9438-53-M-8-1	CT6241-16-18-1/CT6278-3-6-2//CT6241-16-18-1	0,625
CNA6724-1***	IRAT216/IRAT124//RHS107-2-1-2TB-1-JM	0,625
CNAx1235-8-3	IRAT112/APURA	1,875

* Ver Taillebois e Guimarães (1989).

** Dois mutantes, 052287 e 060105, de grãos longo-finos.

*** Seleção em CNA6724 ou CT6196-33-11-2-1-B, (Progresso).

TABELA 11.

Composição da população CNA 8 sintetizada visando seleção para resistência a pragas (cupins, cigarrinhas, lagarta, elasmô 1992/93.

INTRODUÇÃO	ORIGEM	PARTICIPAÇÃO
CNA 4243	DR 63-252	0,8
CNA 3674	M616-15-3-1	0,8
CNA 4078	UPR82-1-7	0,8
IRAT 146	IRAT 13/Dourado Precoce	0,8
Araguaia Trind 3-1	IAC 47/TOS 2578/7-4-2-3-B2	0,8
CNA 6019	P3059F4-136-4-10M	0,8
CNA 6037	ITA 315	0,8
CNA 5975	IDSA 6=Rio Verde=IRAT 216	0,8
CNA 6034	ITA 150 (TOx502-41-1-1)	0,8
CNA 5761	P4 382F3-15	0,8
CNA 6014	MUT 606-2-6-1	0,8
CNA 5966	IAC 47/SR2041-50-1	0,8
CNA 5985	RAU 4072-13	0,8
CNA 6015	MUT 6509-1-1	0,8
CNA 7141	Catetão Precoce/ IAC150//Araguaia	0,8
Guarani	IAC 25/63-83	0,8
CNA 7706	IAC 164/IRAT 216	0,8
CNA 7724	IREM 293-B/IAC 81-176	0,8
CNA 7024	IAC 47/IR46282-43-3	0,8
CNA 7680	IRAT 112/IAC 81-176	0,8
CNA 7682	IRAT 112/IAC 81-176	0,8
CNA 6682	TOx 1785-19-18/IAC 164	0,8
IAC 47	IAC 1246/IAC 1391	0,8
CNA 7066	Araguaia/Cuiabana	0,8
CNA 7106	IRAT 112/Makuta 41-1-1	0,8
CNA 6187	IRAT 13/B Campo//CANx104/Pérola	0,8
CNA 7728	IAC 47/TOS 2578/7-4-2-3-B2	0,8
CT 7824-2-1-1	TOx939-81-3-IR5-18/COL.1XM312A	0,8
IAC 84-198	IAC 165//IAC 165/P1-9	0,8

Continua...

TABELA 11. Continuação.

INTRODUÇÃO	ORIGEM	PARTICIPAÇÃO
CNA 3891	4440//BG90-2/Tetep	0,4
A8-204-1	Linhagem do IAPAR	0,4
CNA 4243	DR 63-252	0,8
CNA 4140	IAC 47/63-83	0,4
Cuiabana	IAC 47/SR 2041-50-1	0,4
CNA 5982	NDR 97	0,8
CNA 6033	ITA 141	0,8
CNA 5342	IRAT 216	0,8
CNA 6043	IR 5987-26-1	0,8
CNA 6030	PADI SENEMAK	0,8
CNA 5982	NDR 97	0,8
CNA 5986	RE 352-G-1	0,8
CNA 5996	VL 206	0,8
CNA 1402	Iguapão	0,8
CNA 4252	JHUM SONALICHI KON	0,8
CNA 6587	Maranhão Branco	0,8
CNA 5659	Arroz Ligeiro	0,8
CNA 5303	ITA 130	0,8
CNA 4856	SEM 123	0,8
CNA 0943	CICA 4	0,8
IAC 215R*	IAC 1246/Dourado Precoce	1,6
IRAT 25R**	IRAT 13/Dourado Precoce	1,6
CNA-IRAT 5/2/1	-	60,0

* Mistura de linhas com genes de resistência à brusone de BG90-2, Três Marias, Pussur, Ramtulasi, H-5, Dawn, Basmati 370 e Colômbia-1.

** Mistura de linhas com genes de resistência à brusone de T-23, CTG1516, C46-15, Carreon e Tetep.

TABELA 12. Composição da população CNA9 sintetizada, visando seleção para adaptação a solos de baixa disponibilidade de fósforo - 1992/93.

INTRODUÇÃO	ORIGEM	PARTICIPAÇÃO RELATIVA
CNA4164	IAC47/IRAT 13	0,70
CNA4166	IAC25/63-83	0,31
CNA4180	IAC47/IRAT 13	0,70
IRAT 237	RS 25/IAC25	2,00
IR 5516-18-1	-	2,80
CNA5164	IAC25/63-83	0,31
CNA5165	IAC25/63-83	0,31
CNA5166	IAC25/63-83	0,31
L 80-67	linhagem do IAPAR	2,80
CNAx511-16-B-5	IAC47/IRAT 13	0,70
CNAx093-BM30-BM29P-2	IAC25/63-83	0,31
CNAx095-BM30-BM9-4	IAC25/63-83	0,31
IR3646-8-1-2	-	2,80
CNAx095-BM30-BMP-28	IAC25/63-83	0,31
CNA4136	IAC25/63-83	0,31
IRAT144	IRAT 13/IRAT 10	2,80
Cuiabana	IAC47/SR 2041-50-1	2,80
Fernandes	Variedade tradicional	2,80
CNA4122	IAC25/62-83	0,31
Rio Paraguai	IAC47/63-83	0,73
IAC25*	IAC1246/Dourado Precoco	5,60
IRAT 112R*	IRAT 13/Dourado Precoco	5,60
CNA-IRAT 5/2/1	-	64,38

* Mistura de linhas resistentes à brusone, com genes de BG90-2, Três Marias, Pussur, Dawn, Basmati 370, H-5, Colômbia 1, Ramtulasi.

** Mistura de linhas com genes de resistência à brusone de T-23, CT1516, C46-15, Carreon e Tetep.

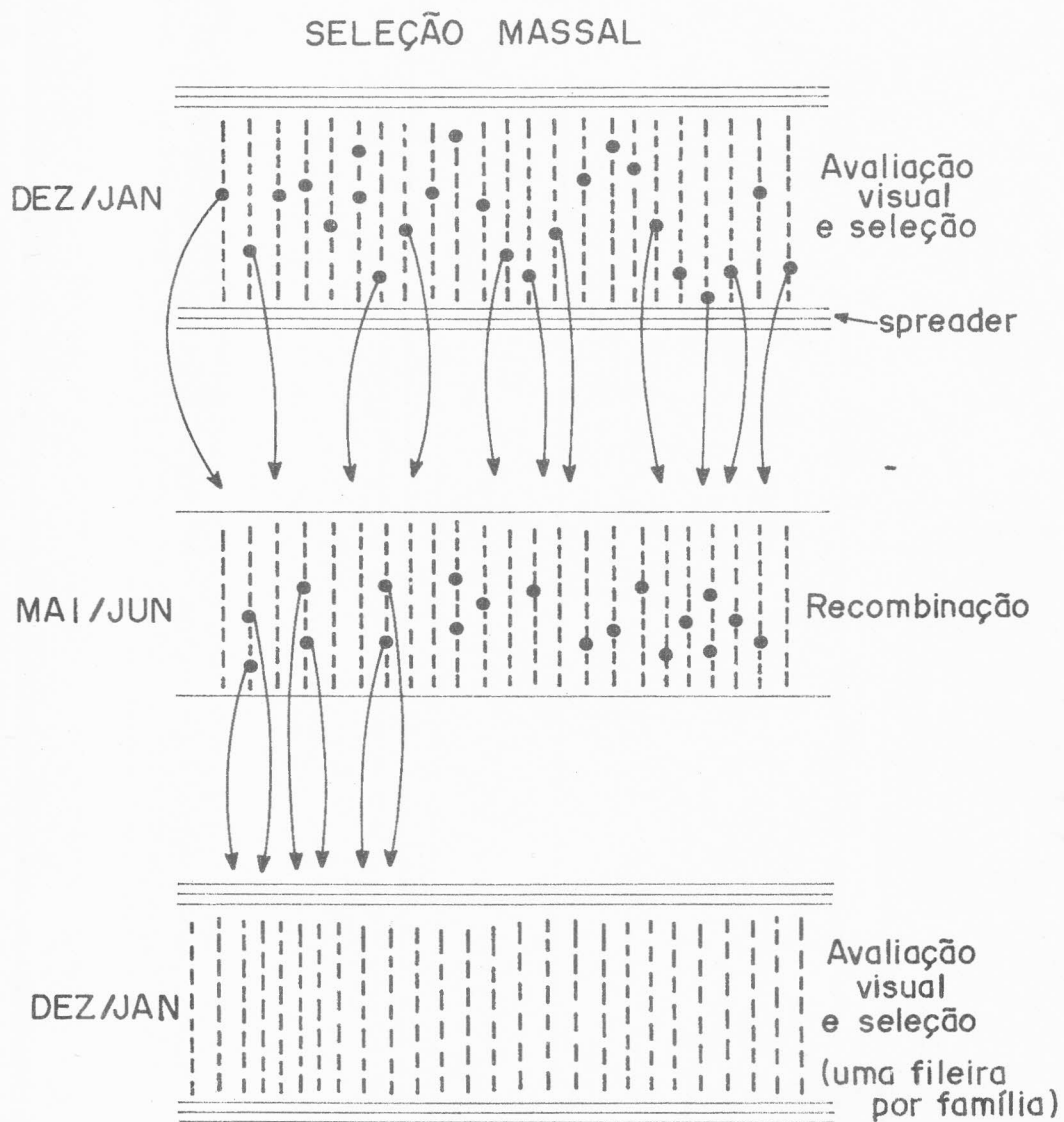


Figura 1. Esquema ilustrativo das fases de seleção massal, baseada na avaliação visual de plantas S_0 férteis ou F_1 .

SELEÇÃO BASEADA NA AVALIAÇÃO DE FAMÍLIAS

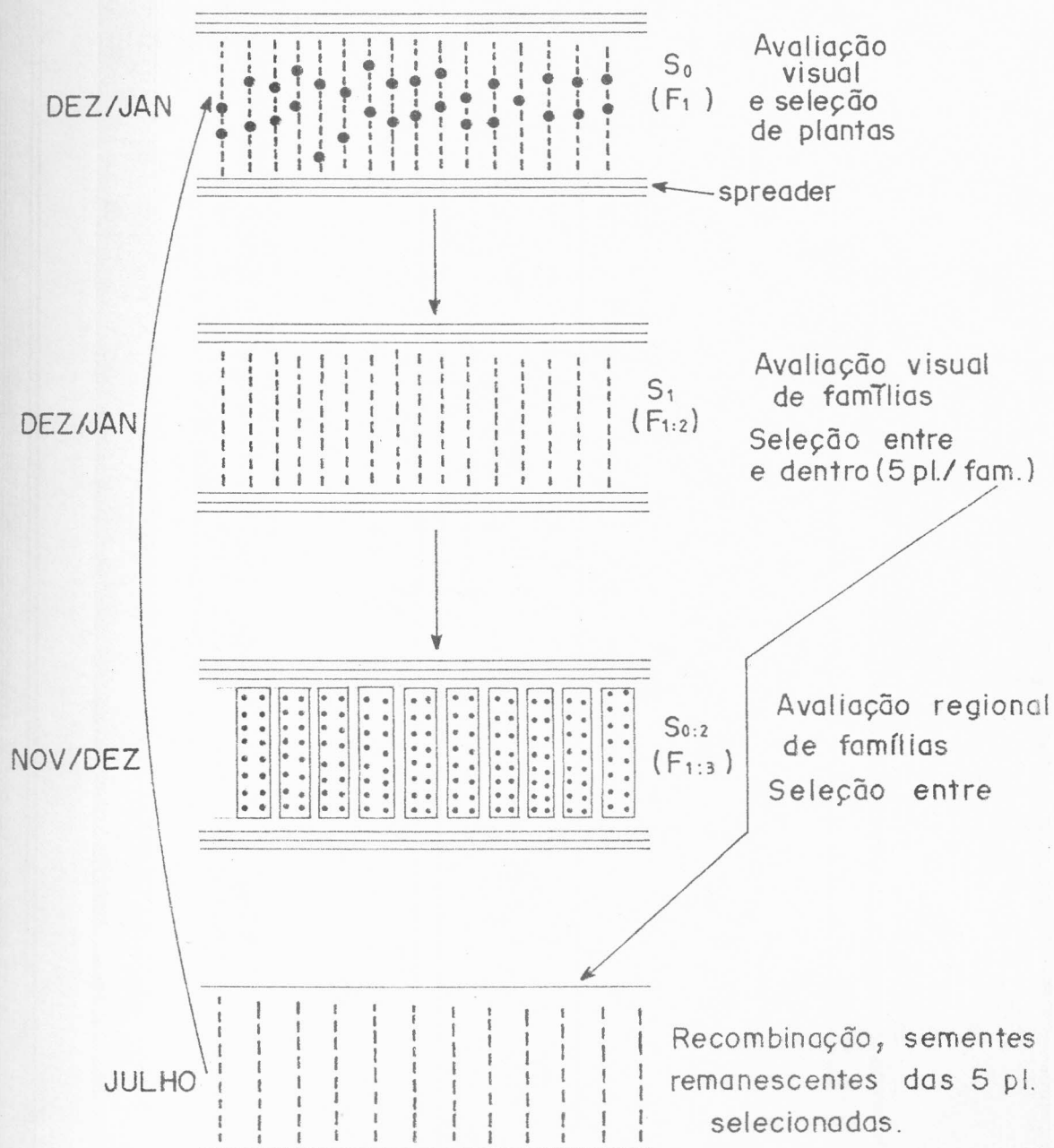


Figura 2. Fases das atividades de seleção recorrente em arroz, baseado na avaliação de famílias $S_{0:2}$ ou $F_{1:3}$, em desenvolvimento no CNPAF/EMBRAPA.

MELHORAMENTO DE ARROZ DE SEQUEIRO

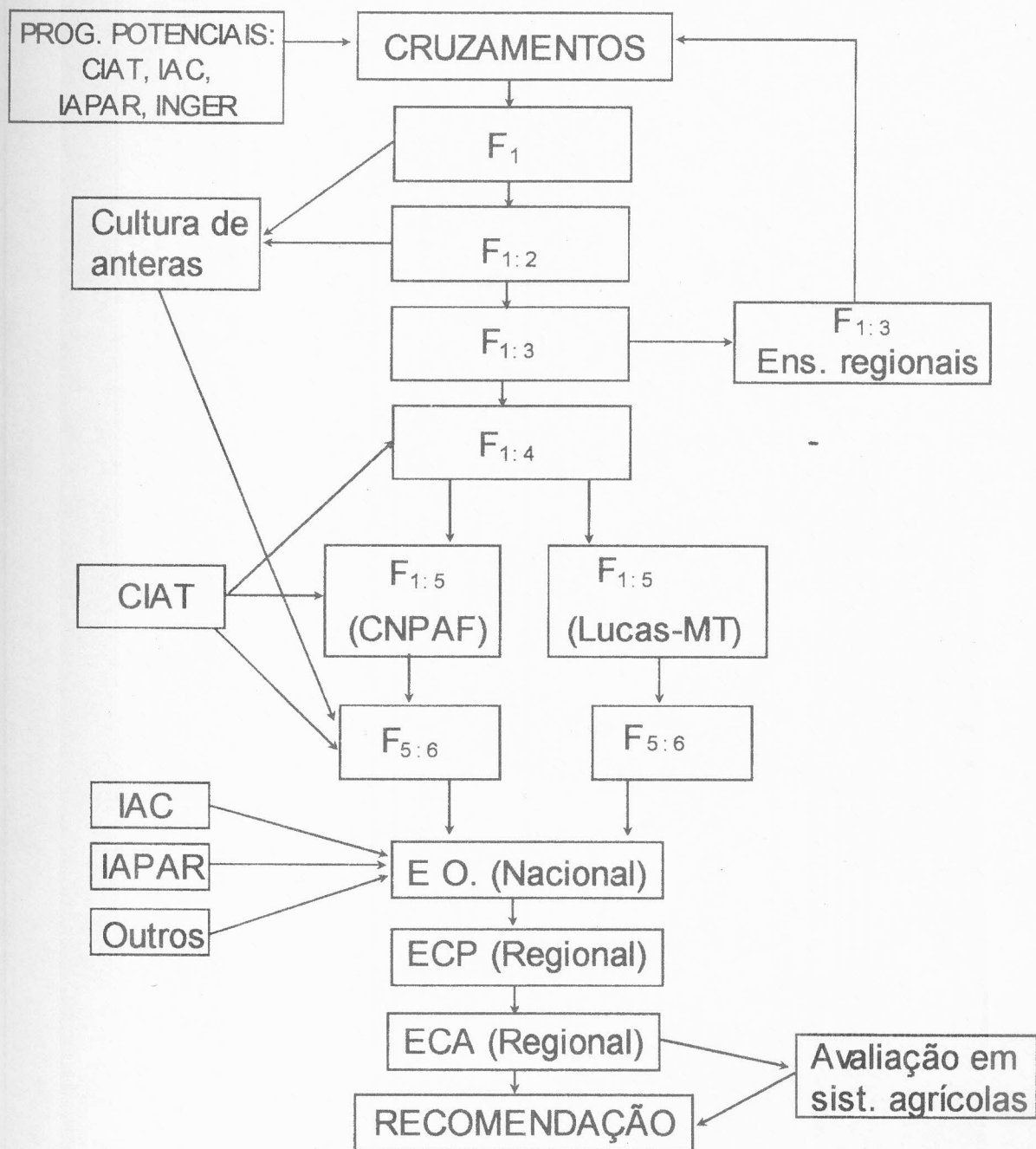


Figura 3. Fluxograma das atividades gerais de melhoramento de arroz de sequeiro em desenvolvimento na EMBRAPA/CNPAF.