

HUDSON DE OLIVEIRA RABELO

**ESTIMATIVA DA BASE GENÉTICA DAS CULTIVARES BRASILEIRAS DE
ARROZ IRRIGADO**

**RECIFE
2013**

HUDSON DE OLIVEIRA RABELO

**ESTIMATIVA DA BASE GENÉTICA DAS CULTIVARES BRASILEIRAS DE
ARROZ IRRIGADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas”, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia/melhoramento genético de plantas.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Professor Dr. Edson Ferreira da Silva – UFRPE

RECIFE-PE
Fevereiro, 2013

ESTIMATIVA DA BASE GENÉTICA DAS CULTIVARES BRASILEIRAS DE ARROZ
IRRIGADO

HUDSON DE OLIVEIRA RABELO

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 27/02/2013.

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Edson Ferreira da Silva - UFRPE

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Dimas Menezes - UFRPE

Prof. Dr. José Baldin Pinheiro – ESALQ/USP

Dr. Roberto de Albuquerque Melo UFRPE/CAPES/PNPD

RECIFE-PE
Fevereiro, 2013

À minha família,

Ofereço

À minha avó Vilma,

Dedico

Agradecimentos

Aos meus pais, Lúcia e Robinson, por sempre me incentivarem a perseverar nos estudos, me educarem e me moldarem para escolher e seguir os caminhos corretos da vida. À minha avó Vilma, por sua doçura e afeto incondicionais. Aos meus irmãos, Luiz David, Juninho e Letícia, por tantos momentos fraternais.

À Tamires Librelon, por todo seu companheirismo, carinho e cumplicidade, e à toda sua família, em especial os seus pais Marlene e Paulo Roberto, por todo acolhimento e fraternidade à mim concedidos.

À minha orientadora de graduação, Ana Cristina Pinto Juhász, por guiar-me nos primeiros passos do melhoramento genético e por todo conhecimento compartilhado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Ferreira da Silva, pelos seus ensinamentos, além de sua prestatividade, paciência e amizade.

Ao Dr. José Baldin Pinheiro, pelas contribuições significativas para a realização desse trabalho.

Aos Professores do mestrado da UFRPE José Luiz, Vivian Loges, Luiza Semen, Rosimar Musser, Clodoaldo, Francisco Oliveira, Diogo Néder, Gerson Quirino, Dimas Menezes, pelos ensinamentos didáticos e profissionais em sala de aula e em muitos momentos extraclasse.

À secretária Bernadete Pinto de Lemos, pela paciência e amizade. Ao técnico da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC) Sr. Geraldo, pelos auxílios prestados para a execução de outros trabalhos.

Ao Dr. Roberto de Albuquerque Melo pelas contribuições sugeridas, profissionalismo e amizade.

Aos colegas da UFRPE: Adriana, Alisson Esdras, Alysson Jales, Ana Luisa, Ana Rafaela, Cláudia, Felipe Vasconcelos, Guilherme, Gustavo, Horace, Ismael Gaião, Jayne, José Carlos, José Rodolfo, João Filipi, Kessyana, Lucas, Lenivânia, Lindomar, Marciana, Marília, Natália, Paulo Ricardo, Ricardo, Rafaela, Rebeca, Ramon, Samy, Silvan, Tamiris, Tiago Vinícius e Thiago Prates.

Aos amigos que conheci durante minha passagem pelo Recife: Altanis, Manu, Mairykon, Eduardo, Tadeu, Robério, Felipe, Martin e Nicole. Aos amigos de residência Leonardo Tavares, André e Paulo Roberto.

Ao apoio institucional da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

Aos demais que de alguma forma contribuíram para minha trajetória,

Muito Obrigado.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não acontecem nem vitória, nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

A cultura do arroz é considerada principal fonte energética alimentar para a população humana. As lavouras arrozeiras são encontradas em todo mundo, havendo predominância dos cultivos com irrigação. No Brasil, os plantios irrigados são responsáveis pela maior parte da produção orizícola. O desenvolvimento de cultivares brasileiras permitiu a obtenção de bons patamares de produtividade, o que resultou na redução dos custos de produção e permitiu que o arroz brasileiro obtivesse preços competitivos nos mercados internacionais. No entanto, as cultivares brasileiras de arroz irrigado possuem base genética estreita, por terem sido desenvolvidas a partir de um grupo restrito de ancestrais ou por meio de cruzamentos entre genótipos aparentados. O estreitamento da base genética pode causar a vulnerabilidade genética das espécies cultivadas à estresses bióticos e abióticos, além de restringir os ganhos com a seleção nos programas de melhoramento genético. A determinação da base genética e a divulgação das genealogias das cultivares brasileiras de arroz irrigado podem facilitar a escolha de genitores divergentes ou novas fontes de variabilidade nos programas nacionais de melhoramento. O presente trabalho teve por objetivo estimar a base genética e reunir em uma única publicação as genealogias das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012. As genealogias foram construídas com base em registros de cruzamento, *folders* de lançamento de cultivares e artigos científicos. A base genética foi estimada a partir da Contribuição Genética Relativa (CGR), da Contribuição Genética Acumulada (CGA), da Frequência de cada Ancestral na Genealogia (FAG), do Número de Ancestrais que constituem cada Cultivar (NAC), do Número de Ancestrais responsáveis por 60%, 70%, 80% e 90% da Base Genética (NABG) e do Número Médio de Ancestrais por Cultivar (NMAC). Essas mesmas estimativas foram avaliadas segundo o ano de liberação das cultivares para plantio, considerando-se os períodos cronológicos de 1965-1980, 1981-1990, 1991-2000 e 2001-2012, sendo que para cada período também foram estimados o número de novos ancestrais utilizados e a relação entre o número de ancestrais e o número de cultivares. Verificou-se que a base genética das cultivares brasileiras de arroz irrigados liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012 é estreita, visto que aproximadamente 70% dos genes utilizados são oriundos de apenas 13 ancestrais, e que a relação entre o número de ancestrais e cultivares foi de 1,12 ancestrais/cultivar, o que pode ser um indicativo de base

genética estreita. Para todos os períodos avaliados, os mesmos ancestrais contribuíram em maiores proporções para a base genética. Algumas cultivares originam-se dos mesmos ancestrais, o que contribui para o estreitamento da base genética. Verificou-se também que as atividades de intercâmbio de germoplasma entre os centros de pesquisas do Brasil e instituições internacionais tiveram grande importância para o desenvolvimento das cultivares. A identificação e utilização de novas fontes de variabilidade é fundamental para preservação dos recursos genéticos e ampliação da base genética. Apesar de existirem técnicas modernas de estimação da divergência genética entre genótipos, a escolha de genitores com base nas genealogias pode ser utilizada nos programas de melhoramento, por ser um método simples, de fácil implantação e baixo custo.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, contribuição genética, genealogias, vulnerabilidade genética.

ABSTRACT

The rice crop is considered the principal source of energy of food to human population. The rice fields are found along worldwide, principally on irrigated condition. In Brazil, also the irrigated fields represent the major part of the rice produced in Brazil. The development of Brazilian cultivars allowed the obtaining of great levels of productivity, that allowed the reduction of production costs and consequently the Brazilian rice gave competitive prices on the international markets. However, the Brazilian irrigated rice cultivars have narrow genetic base because they were developed from a small group of ancestors or by crossing between genotypes related genetically. The narrowing of the genetic base may to cause vulnerability of cultivated species to biotic and environmental stresses and restricts the selection improvement on the breeding programs. The determination of the genetic base and the wide divulgation of genealogies of Brazilian irrigated rice cultivars may to facility choice of divergent genitors or look for new sources of variability on the Brazilian breeding programs. This study aimed to estimate the genetic base and reunite in only one publication the genealogies of Brazilian cultivars of irrigated rice released commercially from 1965 to 2012. The genealogies were constructed based on information from crossing lists, cultivar release brochures, books and scientific papers. There were calculated the Relative Contribution Genetic (RCG), the Genetic Contribution Accumulated (GCA), the percentage Frequency of each Ancestral at Genealogy (FAG), and the Number of Ancestors that constitute each Cultivar (NAC), the Number of Ancestors for 60%, 70%, 80% and 90% of Genetic Base (NAGB) and Average Number of Ancestors by Cultivar (ANAC). The cultivars were also grouped according to the period of release (1965-1980, 1981-1990, 1991-2000 and 2001-2012), and for each period, were also estimated the number of new ancestors based on the numbers of ancestors and cultivars. It was found that the genetic base of Brazilian rice irrigated cultivars released commercially from 1965 to 2012 is narrow. Approximately 70% of the genes used are from only 13 ancestors, and that the relationship between the number of ancestors and number of cultivars was of 1.12 ancestors/cultivar. For all periods studied, a restrict group of ancestors contributed for greater proportions of genetic base. Some cultivars originate from the same ancestors, which contributes to the narrowing of the genetic base. It was observed great importance of germplasm exchange among research centers in Brazil and also among international institutions for cultivars development. The identification and

utilization of new sources of variability is fundamental in order to increase the genetic base of irrigated rice. Although there are modern techniques for estimating genetic divergence among genotypes, the choice of genitors based on genealogies may be used on breeding programs, principally because it is a simple and easy strategy that demand low cost.

Keywords: *Oryza sativa*, genetic contribution, genealogies, genetic vulnerability,

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

BASE GENÉTICA DAS CULTIVARES BRASILEIRAS DE ARROZ IRRIGADO

- Tabela 1.** Contribuição Genética Relativa (CGR%), Contribuição Genética Acumulada (CGA%) e Frequência dos Ancestrais na Genealogia (FAG%) das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.27
- Tabela 2.** Constituição genética de 110 cultivares brasileiras de arroz irrigado, liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.29
- Tabela 3.** Número de Cultivares (NC), Número de Ancestrais (NA), Número Médio de Ancestrais por Cultivar (NMAC), Número de Ancestrais que compõem a Base Genética (NABG) aos níveis de 60, 70, 80 e 90%, número de Novos Ancestrais inseridos em cada período avaliado e relação entre o Número de Ancestrais e Número de Cultivares (NA/NC) para as cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.36
- Tabela 4.** Contribuição Genética Relativa (CGR%), Contribuição Genética Acumulada (CGA%) e Frequência dos Ancestrais na Genealogia (FAG%) para os principais ancestrais das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente nos quatro períodos (1965-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2012).37

CAPÍTULO III

GENEALOGIA DAS CULTIVARES BRASILEIRAS DE ARROZ IRRIGADO

- Tabela 1.** Abreviações das denominações dos ancestrais utilizados na construção das genealogias.48
- Tabela 2.** Relação dos nomes comerciais e dos anos de lançamento das principais cultivares de arroz irrigado liberadas comercialmente no Brasil no período de 1965 a 2012.49

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III

GENEALOGIA DAS CULTIVARES BRASILEIRAS DE ARROZ IRRIGADO

Figura 1a. Genealogia das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.....	50
Figura 1b. Genealogia das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.....	51
Figura 1c. Genealogia das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.....	52
Figura 1d. Genealogia das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.....	53
Figura 1e. Genealogia das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.....	54

SUMÁRIO**CAPÍTULO I**

Revisão bibliográfica	1
1 Introdução geral	2
2 Revisão bibliográfica	4
2.1 Aspectos taxonômicos do gênero <i>Oryza</i>	4
2.2 Aspectos socioeconômicos da cultura do arroz	5
2.3 Sistemas de cultivo do arroz	6
2.4 Melhoramento genético do arroz no Brasil	7
2.5 Base genética das cultivares brasileiras de arroz	9
Referências	12

CAPÍTULO II

Base genética das cultivares brasileiras de arroz irrigado.....	16
Introdução	19
Material e métodos.....	20
Resultados e discussão	21
Conclusões.....	26
Referências	38

CAPÍTULO III

Genealogia das cultivares brasileiras de arroz irrigado	41
Introdução	42
Material e métodos.....	45
Resultados e discussão	45
Referências	55
Normas para submissão de periódicos na revista <i>Euphytica</i>	57

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Introdução geral

O arroz é considerado o cereal de maior importância socioeconômica, por ser a principal fonte energética alimentar para maioria da população mundial. No cenário internacional, o Brasil situa-se como o 8º maior produtor desse grão, sendo superado somente pelos países asiáticos, que são tradicionais no cultivo de arroz (SINDARROZ, 2007).

As lavouras arrozeiras são cultivadas basicamente nos sistemas irrigados, de terras altas e várzeas úmidas (GUIMARÃES *et al.*, 2002), sendo que o cultivo irrigado é o mais utilizado no mundo, representando cerca de 75% da produção mundial (AZAMBUJA *et al.*, 2004). No Brasil, o cultivo irrigado é responsável por cerca de 54,76% da área orizícola brasileira, as quais totalizam 2,47 milhões de hectares. A produção nacional de arroz para a safra 2011/2012 foi estimada em 11,6 milhões de toneladas, em maioria proveniente das lavouras irrigadas, as quais obtiveram na mesma safra produtividade média de 6.954 kg/ha. No mesmo período, os cultivos de sequeiro produziram aproximadamente 2.186 kg/ha de arroz (CONAB, 2012a).

Os altos índices de produtividade obtidos no sistema irrigado devem-se, em parte, ao grande número de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do país (SOARES *et al.*, 2004). Segundo Morais e Rangel (1997), a substituição das variedades antigas por cultivares modernas de arroz irrigado proporcionou aumentos significativos em produtividade, sendo registrados em meados da década de 80, incrementos na ordem de 30%.

A maioria das cultivares modernas de arroz irrigado utilizadas no Brasil foi desenvolvida pelos institutos nacionais de pesquisa a partir de genótipos obtidos pelas atividades de intercâmbio com institutos internacionais. Tais genótipos são considerados os principais ancestrais das cultivares brasileiras, e juntos representam grande parte da base genética do arroz irrigado brasileiro. Para Cui *et al.*, (2000), a base genética é definida como todo o conjunto de genes que contribuem para o desenvolvimento de cultivares de uma determinada espécie.

Apesar dos ganhos em produção obtidos com o uso das cultivares brasileiras de arroz irrigado, a base genética destas é considerada estreita, tendo em vista que foram desenvolvidas a partir de um grupo restrito de ancestrais (RANGEL *et al.*, 1996). Nesse sentido, o estreitamento da base genética é também ocasionado pela recombinação entre indivíduos aparentados nos programas de melhoramento, visto

que, por muitas vezes, a escolha de genitores é feita com base em características morfoagronômicas, desconsiderando-se a origem genética ou o grau de parentesco entre os genótipos a serem recombinados.

O estreitamento da base genética é tido como um dos principais entraves da agricultura moderna, por causar a vulnerabilidade das espécies cultivadas à estresses bióticos e abióticos e redução da produtividade (RANGEL *et al.*, 1996). Para o melhoramento genético, a base genética estreita pode restringir os ganhos com a seleção, e conseqüentemente reduzir as possibilidades de sucesso na obtenção de cultivares com maiores índices de produtividade.

A base genética da cultura do arroz pode ser ampliada mediante o cruzamento de indivíduos não aparentados ou com baixo grau de parentesco, de modo que possam ser recombinados aqueles que proporcionem um maior *pool* gênico às gerações segregantes. Para tanto, é imprescindível o conhecimento da base genética atual das cultivares brasileiras, bem como das genealogias destas (SILVA *et al.*, 1999).

A estimativa da base genética e a divulgação das genealogias das cultivares brasileiras de arroz irrigado em uma única publicação podem facilitar os programas de melhoramento, de modo que possam optar por estratégias que contribuam para a ampliação da base genética, seja optando pelo cruzamento de genitores divergentes e/ou utilizando novas fontes de variabilidade, a exemplo de espécies silvestres e variedades locais.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Aspectos taxonômicos do gênero *Oryza*

O arroz pertence à tribo Oryzeae, família Poaceae, subfamília Oryzoidae e gênero *Oryza* (WATANABE, 1997). Este gênero possui ampla distribuição nas regiões tropicais e subtropicais, com 25 espécies reconhecidas, das quais 23 são silvestres e duas cultivadas, sendo elas *O. sativa* L. e *O. glaberrima* Steud (MORISHIMA, 1984; VAUGHAN, 1994; BRAR e KHUSH, 2003). As espécies cultivadas de arroz são autógamas, embora haja espécies selvagens que realizam polinização cruzada.

A espécie *O. sativa* é a mais utilizada na agricultura, sendo encontradas lavouras arrozeiras em todo o mundo, principalmente no continente asiático, considerado o centro de origem e diversidade do gênero *Oryza* (OECD, 1999). Por sua vez, *O. glaberrima* é cultivada na África Ocidental e origina-se das proximidades do rio Níger, situado no continente africano (PORTERES, 1956; OECD, 1999; SWEENEY e McCOUCH, 2007).

No Brasil ocorrem quatro espécies silvestres do gênero *Oryza*. *O. alta* Swallen são encontradas em regiões da bacia Amazônica, Nordeste do Brasil e alguns locais da Mata Atlântica. A espécie *O. grandiglumis* (Döll) Prod. é observada principalmente no Estado do Amazonas, desde a porção sul até o norte dessa região, próxima às bacias dos rios Solimões, Negro, Japurá, Purus e Madeira. As espécies *O. glumaepatula* Steud. e *O. latifolia* Desv. ocorrem principalmente na Amazônia e Pantanal, sendo também encontradas no México e Paraguai (POTT e POTT, 2000).

O número básico de cromossomos de *Oryza* é $n = 12$. As espécies *O. sativa*, *O. glaberrima* e algumas espécies silvestres são diploides, com $2n = 24$ cromossomos; havendo ainda outras selvagens tetraploides, com $2n = 48$. Por meio de análises genômicas, baseadas no pareamento cromossômico e fertilidade em híbridos interespecíficos e seus graus de compatibilidade sexual, são conhecidos nove diferentes grupos genômicos entre as espécies do gênero *Oryza*: A, B, C, D, E, F, G, H e J (BIOLOGY OF RICE, 2009).

As cultivares de *O. sativa* podem ser subdivididas em dois grupos ecológicos, Índica e Japônica, que evoluíram independentemente a partir da domesticação de diferentes espécies selvagens da China e Índia, respectivamente (SECOND, 1982).

As variedades de arroz irrigado cultivadas no Brasil pertencem ao grupo Indica, já variedades brasileiras tradicionais de arroz de terras altas, sobretudo as utilizadas até a década de 1970, pertencem ao grupo Japônica, e as novas cultivares, como Canastra, Primavera e Maravilha são do grupo Javânica, híbrido de Indica e Japônica (PINHEIRO,1998).

2.2 Aspectos socioeconômicos da cultura do arroz

O arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo, com produção inferior somente a do milho. Do ponto de vista socioeconômico é o cereal de maior importância, por ser considerado um dos componentes da alimentação básica mundial e a principal fonte energética alimentar para a população humana. Os países asiáticos são os maiores produtores dessa cultura, destacando-se a China como maior produtor mundial, seguida de Índia, Indonésia, Vietnã e Tailândia (CEPA, 2011). Atualmente o Brasil é o 8º maior país produtor desse grão, sendo superado somente pelos países produtores da Ásia.

Segundo as estimativas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2012), a produção mundial de arroz em 2012/2013 é estimada em cerca de 728,7 milhões de toneladas (485,9 milhões toneladas de arroz beneficiado). A safra atual é considerada recorde, sendo esta 0,7% superior à produção da safra anterior.

No Brasil, a produção colhida na safra brasileira 2011/2012 foi de aproximadamente 11,6 milhões de toneladas, 14,74% menor que a produção de 2010/2011 (CONAB, 2012b). Esse decréscimo está relacionado à redução da área cultivada, que foi influenciada pelos baixos índices pluviométricos ocorridos em algumas das principais áreas de cultivo, além dos baixos preços comercializados na safra anterior. Estima-se que 2,05% do decréscimo em produção sejam devidos à redução da produtividade e 12,96% ocasionados pela diminuição da área plantada (CONAB, 2012b).

A área orizícola brasileira é estimada em aproximadamente 2470,8 mil hectares para a safra 2011/12. Desse total, o cultivo irrigado corresponde à cerca de 54,76%, com produtividade média de 6.954 kg/ha, enquanto o arroz de sequeiro é cultivado em 43,24%, com produtividade média de 2.186 kg/ha (CONAB, 2012a). Quanto ao consumo médio de arroz *per capita* mundial, são estimados em cerca de 56,7 kg/habitante/ano para os anos 2012/13 (FAO, 2012), enquanto no Brasil, o

consumo deste cereal vem se reduzindo, sendo estimado para os anos de 2008 e 2009 em 14,6 kg/habitante/ano, valor este 14% inferior ao observado nos anos de 2002-2003 (IBGE, 2011). Atribui-se a redução do consumo de arroz, principalmente, à mudança de hábito alimentar da população, devida à preferência por consumo de alimentos de rápido preparo ou de fácil aquisição, tais como as denominadas “comidas rápidas” ou *fast foods*.

2.3 Sistemas de cultivo do arroz

A espécie *O. sativa* é uma planta de ciclo anual, cultivada basicamente nos sistemas irrigados, terras altas e várzeas úmidas (GUIMARÃES *et al.*, 2002). O cultivo irrigado é o mais utilizado no mundo, representando cerca de 75% da produção mundial (AZAMBUJA *et al.*, 2004). No Brasil, o arroz de terras altas é responsável por aproximadamente 43% da produção (CONAB, 2012b).

O cultivo irrigado pode ser subdividido em sistemas com inundação controlada ou sem controle de irrigação. As lavouras irrigadas por inundação controlada são cultivadas em áreas de várzeas sistematizadas com controle de lâmina de água. A irrigação não controlada é utilizada em áreas em que não é possível o controle da lâmina de água. Ambos os sistemas de cultivo utilizam da disponibilidade natural de água, proveniente da elevação natural dos rios, lagos e lençóis freáticos (PEREIRA, 2002). No Brasil, as principais áreas de cultivo em várzeas inundadas são encontradas nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sendo também encontradas em outras regiões, como nos Vales do Rio São Francisco na região Nordeste, e do Rio Parnaíba no Estado de São Paulo (SINDARROZ, 2007).

O sistema de terras altas divide-se em sequeiro tradicional e sistema de sequeiro sob irrigação suplementar por aspersão (MORAES *et al.*, 2004). O plantio em sequeiro tradicional utiliza apenas a água da chuva, da enchente dos rios e do afloramento natural do lençol freático para o desenvolvimento das plantas (RANGEL, 1995). Já no sistema de sequeiro sob irrigação suplementar por aspersão, adota-se irrigação em complemento à pluviosidade, quando se faz necessária à manutenção da lavoura (MORAES *et al.*, 2004). As áreas com arroz de terras altas concentram-se, principalmente, nos Estados do Mato Grosso e Goiás, Tocantins, Roraima, Pará e Maranhão (HEINEMANN *et al.*, 2009).

2.4 Melhoramento genético do arroz no Brasil

As primeiras atividades de melhoramento genético do arroz foram realizadas no Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Em 1936, os pesquisadores H. S. Miranda e E. B. Germek conduziram os primeiros ensaios de competição com cultivares utilizadas pelos produtores daquela época, sendo elas: Dourado Agulha, Iguape Agulha, Cateto, Pérola, Fortuna e Honduras (VIEGAS *et al.*, 1945). Os ensaios foram realizados objetivando-se o cultivo irrigado na cidade de Pindamonhangaba e sequeiro na cidade de Pindorama, ambas localizadas no interior do Estado de São Paulo. Nesses estudos, destacou-se o rendimento da cultivar Pérola, recomendada para cultivo em sistema de terras altas.

Em 1938 foram realizadas as primeiras hibridações de arroz, estas conduzidas no IAC. Nesse período também deu-se início às introduções de variedades de outros países para composição de banco de germoplasma. Segundo Viegas *et al.* (1945), até o ano de 1945, o germoplasma do IAC possuía 372 variedades introduzidas de países como: Estados Unidos, Índia, Ceilão, Colômbia, Itália, Guiana Inglesa, Filipinas, Áustria, Java, Guiana Holandesa, Peru, Tailândia, além de raças locais do Brasil.

O Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA) iniciou o seu programa de melhoramento de arroz irrigado em 1938 (SOARES *et al.*, 2004). Assim como no IAC, os primeiros cruzamentos executados pelo IRGA foram realizados principalmente entre variedades oriundas em sua maioria dos Estados Unidos, Japão, Itália e Filipinas (CUTRIM, 1994).

Até o início da década de 70, os programas nacionais de melhoramento se resumiam ao IRGA e IAC. Em 1970 o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) iniciou seus trabalhos de melhoramento genético de arroz. No Estado de Minas Gerais, o melhoramento genético do arroz iniciou-se na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), criada em 1974 (SOARES *et al.*, 2004).

Em 1975, deu-se o início às atividades do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Os primeiros dois anos foram dedicados às atividades de coletas nacionais e internacionais de germoplasma para posteriores cruzamentos (MORAIS *et al.*, 2004a). Grande parte dos acessos dos bancos nacionais de germoplasma de arroz do país foi obtida por introduções realizadas pelas instituições de pesquisas em parceria com outros centros de pesquisas internacionais, como o Centro

Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), sediado na Colômbia, o *International Rice Research Institute* (IRRI), nas Filipinas (MORAIS *et al.*, 2004b) e o *Institute for Research in Tropical Agriculture* (IRAT), atualmente denominado *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement* (CIRAD), com sede na França.

Um grande marco na orizicultura brasileira foi o estabelecimento das Comissões Técnicas Regionais de Arroz (CTArroz), sob coordenação da Embrapa Arroz e Feijão. Essas comissões visavam coordenar as pesquisas das 35 instituições de pesquisas envolvidas, definindo estratégias de melhoramento realizando ensaios de linhagens por todo país (SOARES *et al.*, 2004).

A criação das CTArroz propiciou grandes resultados para as pesquisas nacionais, sendo liberadas até 1997 um total de 85 cultivares desenvolvidas graças à esse trabalho cooperativo (GUIMARÃES *et al.*, 1997). Entretanto, estas se findaram após a aprovação da Lei de Proteção de Cultivares, uma vez que se instituíram conflitos de interesses entre as instituições, principalmente relacionados à distribuição de direitos legais sobre as cultivares e distribuição de *royalties* (SOARES *et al.*, 2004). Segundo Morais *et al.* (2004), as atividades CTArroz finalizaram-se no ano agrícola 2001/2002.

Atualmente, os principais programas de melhoramentos do arroz no Brasil são conduzidos por empresas do setor público, tanto no âmbito federal como estadual. As principais instituições de pesquisa envolvidas com o melhoramento de arroz no país são: Embrapa Arroz e Feijão (GO), o IRGA (RS), a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI - SC), o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR - PR), o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC - SP), a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO - RJ), a Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA - ES), a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG - MG), a Empresa de Pesquisa e Assistência Técnica e Extensão Rural (EMPAER - MT e MS), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE - CE), o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA - PE), Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA - PB), a Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária (EMAPA - MA), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Alagoas (EPEAL - AL), Universidade Federal do Tocantins (UNITINS), e Universidade Federal de Lavras (UFLA) (CASTRO *et al.*, 1999).

2.5 Base genética das cultivares brasileiras de arroz

Os avanços obtidos pelo melhoramento genético de arroz no Brasil proporcionaram aumentos significativos na produção nacional. Moraes e Rangel (1997) afirmam que a substituição de variedades antigas pelas modernas cultivares brasileiras no início da década de 80 proporcionou aumentos na produtividade na ordem de 30%. Desde então, a produtividade das lavouras de arroz irrigado permanece-se praticamente estável (RANGEL *et al.* 2000).

A maioria das cultivares brasileiras de arroz irrigado foi desenvolvida a partir de genótipos obtidos pelas atividades de intercâmbio entre institutos de pesquisa nacionais e internacionais, ou de hibridações entre estas, seguidas de seleção nas populações segregantes conduzidas principalmente pelos métodos genealógico, populacional, retrocruzamentos ou modificações destes (CORDEIRO, 2008). Tais genótipos são considerados os principais ancestrais das cultivares brasileiras, e juntos representam grande parte da base genética do arroz irrigado brasileiro. Para Cui *et al.* (2000), a base genética é definida como todo o conjunto de genes que contribuem para o desenvolvimento de cultivares de uma determinada espécie. Na prática, a base genética de uma cultivar é tida como o número de diferentes ancestrais que participam de sua constituição.

Apesar de terem proporcionado incrementos significativos em produtividade, as cultivares brasileiras de arroz irrigado possuem base genética estreita, tendo em vista que estas foram desenvolvidas a partir de um grupo restrito de ancestrais (RANGEL *et al.*, 1996). Além disso, o estreitamento da base genética é também ocasionado pelo cruzamento entre indivíduos aparentados por parte dos programas de melhoramento, visto que por muitas vezes a escolha de genitores é feita com base em características morfoagronômicas.

O estreitamento da base genética constitui-se como um dos entraves do melhoramento genético das espécies cultivadas, por resultar na redução da variabilidade, o que pode acarretar a vulnerabilidade das culturas a estresses bióticos e abióticos, e restrição dos ganhos de seleção pelo melhoramento genético, principalmente para características quantitativas (RANGEL *et al.*, 2000).

Para a cultura do arroz, o estreitamento da base genética tem sido relatado por diversos autores. Lin (1991) evidenciou a estreita base genética de 99 cultivares de arroz do grupo Japônica, utilizadas em Taiwan no período de 1940 e 1987, sendo constatado que um único ancestral (Shinriki) era responsável por 21,3% do

componente genético total e contribuiu geneticamente para o desenvolvimento de 83% das cultivares avaliadas.

Cuevas-Perez *et al.* (1992) estudaram a base genética do arroz irrigado na América Latina e no Caribe. Foi observada estreita base genética, uma vez que um grupo de 14 ancestrais representavam aproximadamente 70% dos genes.

No Brasil, Rangel *et al.* (1996) avaliaram a base genética de 42 cultivares de arroz irrigado recomendadas entre 1980 e 1992. No entanto, para esses autores a CGR é definida como a contribuição genética relativa média de um ancestral em todo o conjunto gênico considerado. Foi evidenciado que cerca de 68% do conjunto gênico eram remetidos à dez ancestrais. Os mesmos autores afirmam que esses resultados são um indicativo do estreitamento da base genética e enfatizam a necessidade de se ampliar o *pool* gênico, para que seja possível obter-se novos patamares de produtividade, além de novas fontes de resistência à insetos-pragas e doenças.

Montalván *et al.* (1998) estimaram a base genética de 31 cultivares de arroz de terras altas recomendadas entre 1971 e 1993. O estreitamento da base genética foi observado uma vez que sete ancestrais correspondiam por aproximadamente 70% do *pool* gênico. Semelhantemente, Silva *et al.* (1999) demonstraram o quão estreita é a base genética das cultivares brasileiras de arroz de sequeiro favorecido recomendadas para cultivo nos anos de 1997/98, sendo constatado que cerca de 42% da genealogia dessas cultivares são devidos às cultivares Pratão, Pérola e Dourado Precoce.

Para Nass e Parteniani (2000), o estreitamento da base genética acentua-se porque acessos selvagens ou não melhorados têm sido preteridos pelos melhoristas em relação aos genótipos mais adaptados, visto que a utilização de novas fontes de variabilidade requer trabalhos prévios de caracterização e resulta na necessidade de mais ciclos de seleção para a obtenção de genótipos superiores.

Tendo em vista a necessidade de se ampliar a base genética, Rangel *et al.* (1996) sugerem quatro alternativas. A primeira seria a realização de novos cruzamentos utilizando-se germoplasma de outros programas de melhoramento. A segunda opção seria o cruzamento de germoplasma exótico com genótipos elites não aparentados ou com pouco parentesco.

A terceira possibilidade apontada por Rangel *et al.* (1996) seria o emprego da seleção recorrente para a composição de populações de ampla base genética, no entanto, o alto custo de implantação desse método dificulta a sua adoção pelos

programas de melhoramento (CANCI *et al.*, 1997). A utilização de linhagens macho-estéreis pode viabilizar o emprego da seleção recorrente, por reduzir custos operacionais e favorecer a recombinação natural (COIMBRA *et al.*, 2008). Contudo, o uso de macho-esterilidade é restrito devido à complexidade de manejo e manutenção dos genótipos portadores dos genes de esterilidade. Uma quarta alternativa, seria a utilização de espécies silvestres em cruzamentos, como *O. glumaepatula*, espécie nativa do Brasil.

Referências

AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI JUNIOR, F. J.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. Aspectos econômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Organizadores). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 899p.

BRAR, D. S.; KHUSH, G. S. Utilization of wild species of genus *Oryza* in rice improvement. In: NANDA, J. S.; SHARMA, S. D. (editors). **Monograph on genus *Oryza***, Enfield, 2003. p.283-309.

BIOLOGY OF RICE. **Series of crop specific biology documents**. Department of Biotechnology: Ministry of Science and Technology Government of India, 2009. 43p.

CANCI, P. C.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F. Implementação da seleção recorrente no melhoramento de plantas autógamas através da macho-esterilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p.505-512. 1997.

CASTRO, E. M. de; BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAES, O. P. de. Melhoramento do Arroz. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.95-130.

CEPA. **Arroz – safra 2010/11, produção e mercado mundial**, EPAGRI, 2011. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2011/Arroz%20sintese%202011.pdf>. Acesso em: 25 out. 2012.

COIMBRA, J. L. M.; BERTOLDO, J. G.; VALE, N. M. Uso da macho-esterilidade no melhoramento de híbridos comerciais em arroz. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 7, n. 1, p.61-74. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, maio 2012**. Brasília, 2012a. 37p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Estudos de prospecção de mercado, safra 2012/2013**. Brasília, 2012b, 148p.

CORDEIRO, A. C. C. **Métodos de melhoramento genético de arroz irrigado**. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2008. 64p.

CUEVAS-PÉREZ, F. E.; GUIMARÃES, E. P.; BERRIO, L. E.; GONZÁLES, D. I. Genetic base of irrigated rice in Latin American and the Caribbean, 1971 to 1989. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 4, p.1054-1059. 1992.

CUI, Z.; CARTER JÚNIOR, T. E.; BURTON, J. W. Genetic base of 651 chinese soybean cultivars released during 1923 to 1995. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 6, p.1780-1793. 2000.

CUTRIM, V. A. Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. Lavras, 1994. 92p. Tese (**Doutorado**) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Rice market monitor**. v. 15, n. 4, 2012. 37p. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Rice/Images/RMM/RMM_Nov12.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2012.

GUIMARÃES, E. P.; SANTANA, E. P.; RANGEL, P. H. N. **EMBRAPA e parceiros lançam 85 cultivares cultivares de arroz em 15 anos de pesquisa**. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1997. 2p.

GUIMARÃES, C. M.; FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. **Como a planta de arroz se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, n. 13, 2002. 12p.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. da. Arroz. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, INMET, 2009. p.63-79.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Pesquisa de orçamentos familiares**: 2008-2009, análise do consumo alimentar no Brasil. Rio de Janeiro, 2011. 150p.

LIN, M. S. Genetic base of japonica rice varieties released in Taiwan. **Euphytica**, Amsterdã, v. 56, n. 1, p.43-46. 1991.

MONTALVÁN, R.; DESTRO, D.; SILVA, E.F.; MONTAÑO, D.C. Genetic base of Brazilian upland rice cultivars. **Journal of Genetics & Breeding**, Rome, v. 53, n. 3, p.203-209. 1998.

MORAES, M. F.; SANTOS, M. G.; BERMUDEZ-ZAMBRANO, O. D. Response of greenhouse grown rice plant to sources of micronutrients with different granulometry

and solubility. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p.611-614. 2004.

MORAIS, O. P.; CASTRO, E. M.; SOUZA, N. R. G.; PRABHU, A. S.; BASSINELLI, P. Z.; FONSECA, J. R. **Cultivares de arroz de terras altas para o Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 8p. (Circular Técnica 68)

MORAIS, O. P.; RANGEL, P. H. N. Melhoramento de arroz no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1997. p.147-166.

MORISHIMA, H. Species relationships and the search for ancestors. In: TSUNODA, S.; TAKAHASHI, N.(ed.), **Biology of rice**, 3. ed. Japan Science Society Press, Tokyo/Elsevier, Amsterdam, 1984. p.3-30.

NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p.581-587. 2000.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Consensus document on the biology of *Oryza sativa* (Rice)**. ENV/JM/MOMO (99) 26. Organization for Economic Co-operation and Development. 1999. 52p.

PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil**: subsídios para a sua história. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226p.

PINHEIRO, B. da S. **Morfologia e crescimento da planta de arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP. Palestra apresentada no I Curso Internacional de Melhoramento Genético de Arroz, Goiânia, 1998. (Não paginado).

PORTERES, R. Taxonomic agrobotanique der riz cultives *O. sativa* Linneu. et *O. glaberrima* Steudelo, **Journal dAgriculture Tropicale et de Botanique Applique**. Paris, n. 3, p.341-384. 1956.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: EMBRAPA, 2000. 404p.

RANGEL, P. H. N. Desenvolvimento de cultivares de arroz irrigado para o Estado do Tocantins. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 48, n. 424, 1995. p.11-13.

RANGEL, P. H. N. GUIMARÃES, E. P.; NEVES, P. C. F. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p.349-357. 1996.

RANGEL, P. H. N.; GUIMARÃES, E.P.; RABELO, R.R. Melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. In: QUEIROZ, M.A. de; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S. R. R.(ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: EMBRAPA-Semi-árido, 2000.

SECOND, G. Origin of the genetic diversity of cultivated rice (*Oryza* spp.): study of the polymorphism scored at 40 isozyme loci. **Japanese Journal of Genetics**, Tokyo, n. 57, p.25-57. 1982.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DO ARROZ NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (SINDARROZ). **Sistemas de cultivo**. 2007. Disponível em: < http://www.sindarroz-sc.com.br/default.php?pg=conteudo_2010earea=Cultivo>. Acesso em 16 jul. 2012.

SILVA, E. F.; MONTALVÁN, R.; ANDO, A. Genealogia dos cultivares brasileiros de arroz-de-sequeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p.281-286. 1999.

SOARES, A. A.; SOARES, P. C.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P.; RANGEL, P. H. N.; REIS, M. S. Melhoramento genético de arroz em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p.19-23. 2004.

SWEENEY, M.; McCOUCH, S. The complex history of the domestication of rice. **Annals of Botany**, London, v. 100, n. 5, p.951–957. 2007.

VAUGHAN, D. A. **The wild relatives of rice**. International Rice Research Institute, Manila, 1994. 37p.

VIEGAS, G. P.; GERMEK, E. B.; MIRANDA, H. S. Contribuição para a melhoria da rizicultura no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.5, n.3, p.187-196. 1945.

WATANABE, Y. Phylogeny and geographical distribution of genus *Oryza*. In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. **Science of the rice plant genetics**. Tokyo. Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. p.29-39.

CAPÍTULO II

BASE GENÉTICA DAS CULTIVARES BRASILEIRAS DE ARROZ IRRIGADO

Base genética das cultivares brasileiras de arroz irrigado

Hudson de Oliveira Rabelo¹, João filipi Rodrigues Guimarães², José Baldin Pinheiro³, Edson Ferreira da Silva¹

¹Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, 52171-900, Dois Irmãos, Recife, (PE) Brasil, ²Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Bioinformática, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Campus Universitário, Viçosa, (MG) Brasil, ³Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Genética, Avenida Pádua Dias nº 11, 13400-970, Vila Independência, Piracicaba, (SP) Brasil.

Resumo

O estreitamento da base genética das culturas é considerado um dos entraves da agricultura moderna, por ocasionar a vulnerabilidade das espécies cultivadas a estresses bióticos e abióticos, e restringir os ganhos com a seleção pelos programas de melhoramento. O presente trabalho teve por objetivo estimar a base genética de cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012. Para tanto, obtiveram-se as genealogias das cultivares com base em informações obtidas em *folders* de divulgação de cultivares, *sites* de internet, livros de registros de cruzamentos e artigos científicos. Foram calculadas a Contribuição Genética Relativa (CGR), a Contribuição Genética Acumulada (CGA), a Frequência, em porcentagem, de cada Ancestral na Genealogia (FAG), o Número de Ancestrais que constituem cada Cultivar (NAC), Número de Ancestrais responsáveis por 60%, 70%, 80% e 90% da Base Genética (NABG) e Número Médio de Ancestrais por Cultivar (NMAC). As cultivares também foram agrupadas baseando-se no período de lançamento (1965-1980, 1981-1990, 1991-2000 e 2001-2012), sendo que para cada agrupamento, estimou-se CGR, CGA, FAG, NAC, NABG e NMAC, além do número de novos ancestrais adicionados à base genética total. Um total de 110 cultivares foram estudadas, para as quais constatou-se que a base genética é estreita. Para todos os períodos avaliados, os genitores mais frequentes e importantes utilizados como fontes de variabilidade foram basicamente os mesmos. Todas as cultivares liberadas comercialmente no período de 1991 a 2000 possuem algum grau de parentesco. A relação entre o número de cultivares e ancestrais foi baixa, principalmente porque muitos dos genótipos melhorados foram utilizados como genitores comuns das cultivares. A mais ampla base genética ocorreu no período 2001 a 2012; entretanto, um restrito grupo de ancestrais ainda contribuiu para o pool gênico.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, contribuição genética relativa, contribuição genética acumulada, genealogias, vulnerabilidade genética.

Genetic base of Brazilian irrigated rice cultivars

Abstract

The narrowing of the genetic base of crops is considered one to barriers of modern agriculture, because may to cause vulnerability of cultivated species to biotic and environmental stresses, and restricts the selection improvement on the breeding programs. This paper aimed to estimate the genetic base of Brazilian cultivars of irrigated rice released commercially from 1965 to 2012. In this way, there were obtained the genealogies based on information from crossing lists, cultivar release brochures, books and scientific papers. There were calculated the Relative Contribution Genetic (CGR), the Genetic Contribution Accumulated (CGA), the percentage frequency of each Ancestral at Genealogy (FAG), and the Number of Ancestors that constitute each Cultivar (NAC), the Number of Ancestors for 60%, 70%, 80% and 90% of Base Genetic (NABG) and Average Number of Ancestors per Cultivar (ANAC). The cultivars were also grouped according to the period of release (1965-1980, 1981-1990, 1991-2000 and 2001-2012), and for each cluster, were estimated CGR, CGA, FAG, NAC, NABG and ANAC, the number of new ancestors added to the total genetic basis. A total of 110 cultivars were studied for which it was concluding that the genetic basis is narrow. For all periods, the most frequent and important genitors for to sources variability were the same. All cultivars released commercially from 1991 to 2000 there are some degree of parentage. The relationship between the number of cultivars and ancestors was low mainly because many elite genotypes were used as common genitors of cultivars. The widest genetic base was observed on the period from 2001 to 2012, however, a restrict group of ancestors still contributed for the gene pool.

Keywords: *Oryza sativa*, relative genetic contribution, accumulated genetic contribution, genealogies, genetic vulnerability.

Introdução

O arroz é considerado o cereal de maior importância socioeconômica, por ser um dos componentes da alimentação básica e a principal fonte energética alimentar para a população humana. O Brasil é o 8º maior produtor desse grão (CEPA, 2011), sendo que a produção nacional foi fortemente impulsionada pela atuação dos institutos de pesquisas, principalmente pelo desenvolvimento de novas cultivares e de técnicas de cultivo.

As primeiras atividades de melhoramento genético do arroz no Brasil iniciaram-se em 1936 no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), quando foram conduzidos os primeiros ensaios de competição. Posteriormente, em 1938, realizaram-se as primeiras hibridações entre variedades introduzidas de outros países e raças locais (Viegas et al. 1945). No mesmo ano, o Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA) iniciou o seu programa de melhoramento do arroz irrigado (Soares et al. 2004a). Até a década de 70, o melhoramento do arroz no Brasil foi realizado basicamente pelas atividades do IAC e IRGA. A partir de 1970, outros programas foram estabelecidos nos âmbitos federal e estadual. O desenvolvimento das cultivares nacionais impulsionou a rizicultura brasileira, tornando-a competitiva e rentável, tendo em vista os aumentos de produtividade na ordem de 30% registrados em meados da década de 80 (Morais e Rangel 1997).

As cultivares brasileiras de arroz irrigado foram desenvolvidas a partir de linhagens e cultivares provenientes dos institutos internacionais de pesquisa, tais como o *International Rice Research Institute* (IRRI), nas Filipinas (Morais et al. 2004), o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e o *Institute for Research in Tropical Agriculture* (IRAT), atualmente denominado *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement* (CIRAD), com sede na França. Estes genótipos foram introduzidos no Brasil pelos programas nacionais de melhoramento e representam a maioria da base genética das cultivares brasileiras de arroz irrigado, sendo essa definida por Cui et al. (2000) como sendo todo o conjunto de genes que contribuem para o desenvolvimento de cultivares de uma determinada espécie.

Por originarem-se de um grupo restrito de ancestrais, de cruzamentos aparentados e por terem sido desenvolvidas por métodos de melhoramento que não permitem ampla recombinação, tais como genealógico, populacional e retrocruzamentos (Cordeiro 2008), as cultivares brasileiras apresentam estreita base genética (Rangel et al. 1996).

O estreitamento da base genética é considerado um dos principais entraves da agricultura moderna, por causar a vulnerabilidade genética das cultivares a estresses bióticos e abióticos, que podem resultar na redução da produtividade das lavouras arrozeiras (Rangel et al. 1996). Para o melhoramento genético, a estreita base genética resulta em baixa

variabilidade, o que pode limitar as possibilidades de recombinação e segregação genéticas, e dificultar a obtenção de ganhos com seleção. O estreitamento da base genética do arroz irrigado brasileiro tem sido apontado como uma das causas da baixa expressividade dos ganhos médios anuais obtidos com a seleção para produtividades desde a década de 90 (Rangel et al. 2000b; Soares et al. 2005).

Conhecimentos sobre a magnitude da base genética das cultivares brasileiras de arroz irrigado pode facilitar para que aos programas de melhoramento utilize genitores divergentes no desenvolvimento de cultivares, incluindo espécies silvestres e variedades locais.

O presente trabalho teve por objetivo estimar a base genética de cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012, de modo a fornecer subsídios para os programas de melhoramento genético.

Material e métodos

Foram estudadas as cultivares de arroz irrigado liberadas para uso comercial no período de 1965 a 2012. Buscou-se construir a genealogia de cada cultivar até que fossem identificados os ancestrais não aparentados. Para a elaboração das genealogias, foram consideradas informações obtidas em folders de divulgação de variedades, *sites* de internet e livros de registros genealógicos de institutos de pesquisa, a exemplo de IRRI (1985, 1998) e CIAT (2005), além de artigos científicos (Dilday, 1990; Rangel et al. 1996; Montalván et al. 1998; Silva et al. 1999; Châteal e Guimarães, 2002; Cutrim e Rangel, 2002; Rangel et al. 2007, Cordeiro e Medeiros, 2010a).

A Contribuição Genética Relativa (CGR) de cada ancestral foi estimada considerando-se que não há grau de parentesco entre os ancestrais e que a proporção teórica de genes transferidos de um genitor para sua descendência é de 50% (Delannay et al. 1983).

A CGR para todo conjunto gênico foi estimada pela média das contribuições individuais de cada ancestral em todas as cultivares, conforme metodologia utilizada por Rangel et al. (1996), Montalván et al. (1998) e Silva et al. (1999) Os ancestrais foram classificados em ordem decrescente de valores de CGR e a Contribuição Genética Acumulada (CGA) foi estimada a partir do somatório sucessivo das CGR de cada ancestral.

A frequência em porcentagem de cada ancestral na Genealogia (FAG) foi estimada considerando o número de cultivares que possuíam um determinado ancestral em sua genealogia em relação ao número total de cultivares analisadas. Também foram determinados o número de ancestrais responsáveis por 60%, 70%, 80% e 90% da base genética (NABG), o número de ancestrais que constituem cada cultivar (NAC), a razão entre o número de

ancestrais e cultivares (NA/NC) e o número médio de ancestrais por cultivar (NMAC), este último corresponde ao somatório de cada NAC dividido pelo número total de cultivares.

As cultivares foram agrupadas de acordo com o ano de liberação destas para uso comercial, sendo estabelecidos quatro períodos delimitados pelos anos 1965-1980, 1981-1990, 1991-2000 e 2001-2012. Para cada agrupamento foram estimados CGR, CGA, FAP, NAC, NABG, NMAC e o número de novos ancestrais adicionados à base genética total.

Resultados e discussão

Foram obtidas as informações genealógicas de 110 cultivares brasileiras de arroz irrigado, as quais foram desenvolvidas a partir de 123 diferentes ancestrais (Tabela 1). As cultivares IAC 600, IAS 12-9 Formosa e BR 3 Caeté não foram incluídas nas avaliações por serem oriundas de seleção direta nos ancestrais Wang Xue Ren, Kashiung 21 e Pisari, respectivamente. As cultivares híbridas e grande parte das cultivares desenvolvidas por empresas privadas não foram avaliadas, uma vez que os registros genealógicos destas não são divulgados.

As Contribuições Genéticas Relativas (CGR) variaram de 0,0018 a 14,6351%, sendo que os maiores valores são referentes aos ancestrais Dee Gee Woo Gen, Latisail e Cina, os quais contribuíram para aproximadamente 40% dos genes das 110 cultivares (Tabela 1). Apesar do grande número de ancestrais, a base genética é considerada estreita, pois cerca de 70% do conjunto gênico estudado são oriundos de 13 ancestrais. Cuevas-Pérez et al. (1992) obtiveram resultados similares para as cultivares de arroz irrigado recomendadas entre 1971 e 1989 para as regiões da América Latina e Caribe, sendo observado que, semelhantemente ao presente estudo, 14 ancestrais corresponderam à 70% da base genética e Cina, Latisail, e Dee Geo Woo Gen foram os ancestrais mais utilizados. Montalván et al. (1998) relatam estreitamento similar para as cultivares de arroz de sequeiro liberadas comercialmente entre 1971 e 1993, sendo observado que aproximadamente 70% da base genética são representados pelos ancestrais brasileiros Dourado Precoce, Pérola e Prato.

Quando desconsiderados os ancestrais com CGR inferior à 2% a base genética torna-se ainda mais estreita. Nesse caso, o tamanho efetivo populacional (N_e) reduz-se a dez ancestrais, e estes representam 66% de todo o conjunto gênico (Tabela 1). Rangel et al. (1996) relatam um maior estreitamento da base genética das cultivares de arroz irrigado recomendadas para o Brasil no período de 1980 a 1992, obtendo tamanho efetivo (N_e) de dez ancestrais, quando considerados somente aqueles com CGR acima de 2%. Os mesmos dez ancestrais contribuíram para 68% dos genes das cultivares utilizadas no mesmo período considerado.

Quanto ao Número Médio de Ancestrais por Cultivar (NMAC), estimou-se média de 14,37 ancestrais, com valores variando de 2 a 41. Este parâmetro mostrou-se pouco expressivo como medida relacionada à base genética pois apesar da média ter sido alta, a amplitude dos valores foi muito grande e além disso as contribuições genéticas dos ancestrais variam em magnitude para algumas cultivares, a exemplo da cultivar IRGA 425 que, apesar de ser composta por 36 ancestrais, 50% dos seus genes são oriundos do ancestral IRGA 1598 (Tabela 2).

As cultivares Bluebonnet, Bluebonnet 50 e BRS Sinuelo CL possuem o menor Número de Ancestrais por Cultivar (NAC= 2), sendo que Bluebonnet, Bluebonnet 50 são oriundas do cruzamento entre as cultivares Rexoro e Fortuna. A cultivar BRS Sinuelo CL foi obtida por três ciclos de retrocruzamento entre BRS7 Taim e o genótipo AS 3510, este último contém gene que confere tolerância a herbicidas à base de imidazolinona usados principalmente para o controle do arroz vermelho em lavouras comerciais (Magalhães Júnior et al. 2010). Contudo, por não serem conhecidos os genitores de BRS 7 Taim, é possível que BRS Sinuelo CL possua base genética mais ampla do que o relatado. Contribuições genéticas de AS 3510 são também observadas nas cultivares SCS 115 CL, SCS 117 CL e BR IRGA 422 CL.

Os maiores NAC são atribuídos à BRS Pampa (NAC= 41) e BRSMG Seleta (NAC= 39), sendo que ambas possuem duas fontes de resistência a brusone (*Pyricularia grisea*) oriundas dos ancestrais Tetep e Tadukan (Rangel et al. 1996). Segundo Magalhães Júnior (2011), BRS Pampa possui de intermediária à moderada resistência a brusone e conforme Soares et al. (2004), BRSMG Seleta é considerada resistente.

A relação entre o número de ancestrais e o número de cultivares (NA/NC) foi de 1,12. Cuevas-Pérez et al. (1992), obtiveram valor de 1,25 para as cultivares de arroz irrigado recomendadas para a América Latina e Caribe, entre 1971 e 1989 e Montalván et al. (1998) obtiveram valor de 1,29 para cultivares brasileiras de arroz de sequeiro. Portanto, o valor de NA/NC obtido nesse estudo pode ser mais um indicativo da estreita base genética do arroz irrigado brasileiro, já que o valor obtido foi inferior aos resultados relatados nos dois estudos mencionados em que a base genética foi considerada estreita.

O baixo valor de NA/NC é ocasionado pela utilização dos mesmos ancestrais na composição de várias cultivares, devido à preferência dos programas de melhoramento em se utilizar os genótipos mais adaptados como genitores em diferentes cruzamentos. Em decorrência disso, algumas cultivares compartilham os mesmos genitores e em alguns casos originam-se de seleção em cultivares melhoradas, tais como BR IRGA 409, BR IRGA 410, EMPASC 103, BR IRGA 413, e EL Paso 144 que foram obtidas pelo cruzamento de IR 930

com IR 665. As cultivares BRS 6 Chuí, BRS Ligeirinho e BRS Pelota que são oriundas de seleção em populações heterogêneas de BR IRGA 410, e BR IRGA 412 e BR IRGA 414 foram obtidas por seleção em plantas de BR IRGA 409 (EMBRAPA, 2005).

Com relação à utilização de genótipos melhorados nos cruzamentos, Nass e Parteniani (2000) enfatizam que acessos selvagens ou não melhorados têm sido preteridos pelos melhoristas porque a utilização de novas fontes de variabilidade requer trabalhos prévios de caracterização e mais ciclos de seleção para a obtenção de genótipos superiores.

O ancestral Dee Geo Woo Gen participa da formação de 89,19% das cultivares. Segundo Soares et al. (2004a), esse genótipo e o I Geo Tze são cultivares chinesas portadoras de um alelo recessivo que confere-lhes porte baixo e, exclusivamente nessas cultivares, o alelo para nanismo não afeta a emissão de espiguetas e panículas. Portanto, a utilização desses ancestrais visa à obtenção de cultivares de porte semi-anão.

Os ancestrais Cina e Latisail foram equivalentemente utilizados em 83,78% das cultivares. A alta frequência desses genótipos na genealogia deve-se principalmente ao fato de serem os genitores da cultivar Peta, que por sua vez é o genitor feminino de IR 8, sendo Dee Geo Woo Gen o masculino. Lançada pelo IRRI em 1966, IR 8 possui porte semi-anão, insensibilidade ao fotoperíodo, alto perfilhamento e alta produtividade. A IR 8 é considerada a primeira cultivar do grupo Indica altamente produtiva e adaptada a climas tropicais (Soares et al. 2004a). Por agregar várias características agrônômicas favoráveis às condições climáticas do Brasil, IR 8 foi amplamente utilizada no desenvolvimento de cultivares brasileiras.

As 17 cultivares liberadas comercialmente no período de 1965 a 1980 apresentam estreita base genética, e estas foram desenvolvidas à partir de 32 ancestrais (Tabela 3), sendo que oito cultivares foram introduzidas de outros países (Belle Patna, Bluebelle, Bluebonnet, Bluebonnet 50, Cica 4, Cica 7, Dawn e Le Bonnet). Aproximadamente 70% da genealogia foram representados por oito ancestrais, sendo que os ancestrais Marong Paroc, Dee Geo Woo Gen, Cina e Latisail contribuíram para 45% da genealogia (Tabela 4). O estreitamento da base genética nesse período é mais acentuado, pois cerca de 90% dos genes são representados por 15 ancestrais e as cultivares são constituídas em média por 1,88 ancestrais (Tabela 3).

No período 1981-1990 foram incorporados 25 novos ancestrais à base genética das cultivares de arroz irrigado brasileiro. Em termos numéricos não houve alteração da base genética, uma vez que aproximadamente 70% do conjunto gênico originaram-se de oito ancestrais, assim como no período anterior (Tabela 3). Entretanto, pode-se considerar que houve estreitamento da base genética visto que os ancestrais Dee Geo Woo Gen, Latisail, Cina e MCVA corresponderam a 52% da genealogia total, destacando-se Dee Geo Woo Gen que participa da constituição de 96,77% das cultivares (Tabela 4).

A partir do período de 1991 - 2000 a base genética foi ampliada, haja vista que cerca de 70% da genealogia das 36 cultivares liberadas comercialmente nesse período originam-se de 11 ancestrais (Tabela 3). No entanto, assim como nos períodos anteriores, evidenciou-se a preferência em se utilizar genótipos mais adaptados no desenvolvimento das cultivares, uma vez que Dee Geo Woo Gen, Cina, Latisail e MCVA são responsáveis por cerca de 50% do conjunto gênico. Observou-se também que todas as cultivares liberadas comercialmente nesse período possuem algum grau de parentesco, pois 97,3% destas possuem genes de Pa Chian e Marong Paroc e todas (100%) são portadoras de genes de Dee Geo Woo Gen (Tabela 4). Para Rangel et al. (1996) um elevado grau de parentesco pode ocasionar a vulnerabilidade genética à fatores bióticos e abióticos.

A mais ampla base genética foi observada para as 26 cultivares liberadas comercialmente entre 2001 e 2012, o que pode ser devido a divulgação das genealogias e estudos de base genética. Nesse período, foram utilizados 92 ancestrais, sendo 39 destes inéditos e aproximadamente 60% da base genética são atribuídos a 14 ancestrais, praticamente o dobro da média dos períodos anteriores (Tabela 3). À esse período, são também atribuídos os maiores valores de NMAC (20,19) e NA/NC (3,53), que ressaltam a ampla base genética das cultivares. Contudo, a base genética é considerada desuniforme, tendo em vista que apenas 38 ancestrais correspondem à cerca de 90% da genealogia e os 50 restantes contribuem para menos de 10%. Assim como na maioria dos períodos anteriores, Dee Geo Woo Gen, Cina e Latisail foram os ancestrais mais utilizados.

Observou-se que para os quatro períodos avaliados, a base genética é representada pelo mesmo grupo de ancestrais, indicando que os mesmos genótipos foram utilizados em diferentes cruzamentos. Essa prática restringe as possibilidades de recombinação nos programas de melhoramento e aumenta a uniformidade genética do núcleo e citoplasma, o que pode acarretar na vulnerabilidade das cultivares a estresses bióticos e abióticos, e restrição dos ganhos de seleção, principalmente para características quantitativas (Vello et al. 1988, Rangel et al. 1996, 2000a).

Tendo em vista a necessidade de se ampliar a base genética Rangel et al. (1996) sugerem quatro alternativas. A primeira seria o cruzamento de genitores divergentes para as características agrônômicas desejáveis, oriundos de outros programas de melhoramento. A segunda opção seria a utilização de múltiplos cruzamentos entre acessos de germoplasma exótico e genótipos-elite não aparentados ou com pequeno grau de parentesco. A fim de estabelecer alternativas de recombinação de genótipos nos programas de melhoramento genético, Vello (1985) indica duas estratégias de recomendação. Uma delas baseia-se na hibridação entre um genótipo elite e um exótico, sendo a progênie obtida posteriormente

cruzada com outro genitor elite. A segunda alternativa apontada pelo autor consiste no cruzamento de duas diferentes progênes, sendo uma destas obtidas por hibridação entre dois genótipos elites e outra proveniente de cruzamento entre um germoplasma exótico e outro genótipo elite, sendo este diferente dos genitores utilizados para a formação da outra progênie.

Uma terceira estratégia é apontada por Rangel et al. (1996) para promover a ampliação da base genética, e consiste no emprego da seleção recorrente para a composição de populações de ampla base genética, no entanto, o alto custo de implantação desse método dificulta a sua adoção pelos programas de melhoramento (Canci et al. 1997). A utilização de linhagens macho-estéreis pode viabilizar o emprego da seleção recorrente, por reduzir custos operacionais e favorecer à recombinação natural (Coimbra et al. 2008). Contudo, o uso de macho-esterilidade é restrito devido à complexidade de manejo e manutenção dos genótipos portadores dos genes de esterilidade.

O uso da seleção recorrente no Brasil é considerado recente, e seus primeiros resultados significativos são relatados em 2002, pelo lançamento da Tio Taka, primeira cultivar de arroz irrigado desenvolvida no país à partir dessa metodologia (Rangel et al. 2006). A implantação da seleção recorrente nos programas brasileiros de melhoramento proporcionou a obtenção de novos ganhos de seleção para o arroz irrigado, que desde meados da década de 80 encontravam-se estagnados (Rangel et al. 2000b). Atualmente é utilizada para a formação de população base nos programas de melhoramento, por resultar progênes com maiores ganhos com a seleção (Cordeiro e Rangel, 2011). Rangel et al. (2002) ilustram a eficiência desse método pela obtenção de ganho médio por seleção na ordem de 4,67%.

Rangel et al. (1996) também indicam a utilização de espécies selvagens de arroz como outra alternativa para ampliação da base genética. Neste contexto, a utilização de *O. glumaepatula* em hibridações com *O. sativa* é uma alternativa eficiente para aumentar a base genética do arroz, além de proporcionar a obtenção de genótipos com alta produtividade e características agronômicas desejáveis, aptos à serem utilizados como genitores em novos cruzamentos (Cordeiro e Medeiros, 2010b).

Verifica-se que a estreita base genética total das cultivares brasileiras de arroz irrigado, deve-se ao fato de os programas de melhoramento genético do arroz brasileiro terem se iniciado a partir de um número reduzido de genótipos, em sua quase totalidade, oriundos de outros países. Com o passar dos anos, houve a incorporação de novas fontes de variabilidade que contribuíram para a ampliação da base genética, o que pode ter sido decorrente da conscientização por parte dos melhoristas quanto aos riscos do estreitamento da base genética. Todavia, fazem-se necessárias a utilização de novos genótipos apreciáveis pelo melhoramento

genético e a melhor exploração dos recursos genéticos atualmente disponíveis, uma vez que muitos dos ancestrais da base genética do arroz irrigado brasileiro são pouco utilizados.

Conclusões

1. A base genética das cultivares brasileiras de arroz irrigado no Brasil no período de 1965 a 2012 é estreita.
2. O estreitamento da base genética é ocasionado principalmente pela utilização de mesmos genótipos como genitores de vários cruzamentos.
3. A base genética das cultivares liberadas comercialmente no período de 2001 e 2012 é a mais ampla dentre os demais períodos avaliados. Contudo, muitos dos ancestrais utilizados nesse período contribuem em pequenas proporções para a base genética.

Tabela 1. Contribuição Genética Relativa (CGR%), Contribuição Genética Acumulada (CGA%) e Frequência dos Ancestrais na Genealogia (FAG%) das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

Simbologia	Ancestrais	CGR%	CGA%	FAG%	Simbologia	Ancestrais	CGR%	CGA%	FAG%
A1	Dee Geo Woo Gen	14,6351	14,6351	89,0909	A48	IAC 1104	0,4545	86,2407	0,9091
A3	Latsail	12,7504	27,3855	84,5455	A54	Kaohsiung Sen 12	0,4545	86,6953	0,9091
A2	Cina	12,6349	40,0204	84,5455	A55	Pazudofuzu	0,4545	87,1498	0,9091
A4	Marong Paroc	5,1153	45,1356	84,5455	A70	NSW	0,4545	87,6044	0,9091
A12	MCVA	4,8242	49,9599	70,9091	A76	Taichung 24	0,4545	88,0589	0,9091
A13	I Geo Tze	4,8242	54,7841	70,9091	A83	Arborio	0,4545	88,5134	0,9091
A25	Khao Dawk Mali 105	3,6475	58,4315	42,7273	A90	IRGA 1598	0,4545	88,9680	0,9091
A34	Tadukan	3,2704	61,7019	49,0909	A91	SCS 151	0,4545	89,4225	0,9091
A29	Tetep	2,4960	64,1979	40,0000	A93	Pisari	0,4545	89,8771	0,9091
A5	Pa Chiam	2,3705	66,5685	84,5455	A94	Huan-Sem-Go	0,4545	90,3316	0,9091
A8	Blue Rose	1,7348	68,3033	31,8182	A95	95 Ay 222	0,4545	90,7862	0,9091
A14	Takau Iko 18	1,4968	69,8001	41,8182	A105	Campeche A80	0,4545	91,2407	2,7273
A10	HO 12	1,4347	71,2347	13,6364	A110	CNA 6183	0,4545	91,6953	1,8182
A7	Tsai Yuan Chung	1,2146	72,4494	64,5455	A111	CNA 1394	0,4545	92,1498	0,9091
A27	C 74	1,0409	73,4903	34,5455	A49	Nam-Sa-Gui	0,4261	92,5759	9,0909
A6	Hill Sel	1,0242	74,5144	67,2727	A42	Gam Pai	0,4217	92,9976	15,4545
A47	IRGA 407	1,0227	75,5372	3,6364	A9	Sinawpagh	0,372	93,3696	31,8182
A38	Costa Rica	0,9091	76,4463	6,3636	A61	Remalta	0,2273	93,5969	0,9091
A51	17719	0,9091	77,3554	1,8182	A84	Moroberekan	0,2273	93,8241	1,8182
A92	BRS Taim	0,7955	78,1508	0,9091	A85	63-105	0,2273	94,0514	1,8182
A31	Nanhang Mon 54	0,7670	78,9179	4,5455	A86	MIF B 3322-1	0,2273	94,2787	0,9091
A15	Palmira 105	0,7484	79,6663	41,8182	A112	MRC 5720	0,2273	94,5060	0,9091
A11	Benong	0,7393	80,4055	20,9091	A33	Tangkai Rotan	0,1989	94,7048	8,1818
A21	Kitchili Samba	0,7342	81,1398	22,7273	A40	Thekkan	0,1909	94,8957	13,6364
A28	Dissi Hatif	0,6889	81,8287	11,8182	A41	Eravapandi	0,1909	95,0866	13,6364
A35	Nanicão	0,6818	82,5105	2,7273	A121	Caloro	0,1882	95,2748	0,9091
A64	AS 3510	0,6818	83,1923	3,6364	A62	SML 1010	0,1705	95,4452	6,3636
A50	Batatais	0,6250	83,8173	7,2727	A73	Dourado Precoce	0,1705	95,6157	0,9091
A32	Vellaikar	0,6016	84,419	19,0909	A120	10--7	0,1705	95,7861	0,9091
A36	Zenith	0,4581	84,8771	1,8182	A66	LU 1-29	0,1527	95,9388	5,4545
A24	Big Tang Chien	0,4545	85,3316	0,9091	A20	SML 997	0,142	96,0809	1,8182
A26	T 7	0,4545	85,7862	0,9091	A100	M 312	0,142	96,2229	1,8182

(Continua)

Tabela 1. Contribuição Genética Relativa (CGR%), Contribuição Genética Acumulada (CGA%) e Frequência dos Ancestrais na Genealogia (FAG%) das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

(Conclusão)									
Simbologia	Ancestrais	CGR%	CGA%	FAG%	Simbologia	Ancestrais	CGR%	CGA%	FAG%
A22	Desconhecido	0,1326	96,3555	19,0909	A44	Palgweng	0,0568	99,3001	1,8182
A23	<i>Oryza nivara</i>	0,1324	96,4879	16,3636	A68	FB 24	0,0568	99,3569	0,9091
A19	Venezuela 503	0,1232	96,6111	14,5455	A81	Lung Shengi	0,0568	99,4137	0,9091
A30	Bayang	0,1155	96,7266	27,2727	A82	63-104	0,0568	99,4706	0,9091
A16	Hayayuki	0,1136	96,8403	0,9091	A98	Tox 1525	0,0568	99,5274	0,9091
A43	Asominori	0,1136	96,9539	1,8182	A101	Tox 939	0,0568	99,5842	0,9091
A53	HR 21	0,1136	97,0675	0,9091	A113	CNA 5278	0,0568	99,6410	0,9091
A69	URN-ISID-IRRI-ORG-1-Germoplasm-2608-1	0,1136	97,1812	0,9091	A56	Kiryoyoshi	0,0462	99,6872	2,7273
A74	Matão	0,1136	97,2948	0,9091	A63	B 589 A	0,0393	99,7265	9,0909
A75	Pérola	0,1136	97,4084	0,9091	A46	419 C-57	0,0284	99,7549	6,3636
A77	Jaguari	0,1136	97,5221	0,9091	A72	Della - X2	0,0284	99,7833	0,9091
A78	Yola	0,1136	97,6357	0,9091	A45	Seraupa Besar 15	0,0262	99,8095	11,8182
A87	Lambayeque Mo1	0,1136	97,7494	0,9091	A57	Kameji	0,0213	99,8308	1,8182
A107	Siam 29	0,1136	97,863	2,7273	A58	Olvan Chu	0,0213	99,8521	1,8182
A109	Tox 1010	0,1136	97,9766	0,9091	A71	BB	0,0183	99,8704	2,7273
A115	Balila	0,1136	98,0903	0,9091	A96	Tchen Tchou Ai	0,0142	99,8846	0,9091
A117	Agostano	0,1136	98,2039	0,9091	A99	Joshyu	0,0142	99,8988	0,9091
A118	Cesariot	0,1136	98,3175	0,9091	A108	Pankari 203	0,0142	99,913	0,9091
A119	Oro	0,1136	98,4312	0,9091	A114	283 A7	0,0142	99,9272	1,8182
A65	Jojutla	0,0959	98,5271	3,6364	A123	Smooth 4	0,0142	99,9414	0,9091
A52	Mudgo	0,0852	98,6123	1,8182	A59	Aikoku	0,0107	99,9521	1,8182
A60	Makalioka	0,0852	98,6975	1,8182	A88	Colusa	0,0071	99,9592	0,9091
A79	Variety From Zaire	0,0852	98,7827	0,9091	A89	Shoemed	0,0071	99,9663	0,9091
A80	560	0,0852	98,868	0,9091	A97	OS 6	0,0071	99,9734	0,9091
A67	S 12-30	0,0710	98,939	1,8182	A102	D 85-42	0,0071	99,9805	0,9091
A122	Lady Wright	0,0675	99,0065	0,9091	A103	Machique	0,0071	99,9876	0,9091
A17	SML 80-5	0,0616	99,068	14,5455	A104	D 52-37	0,0071	99,9947	0,9091
A18	SML 81-A	0,0616	99,1296	14,5455	A37	Mira	0,0036	99,9982	0,9091
A106	Basmati 370	0,0568	99,1865	2,7273	A116	RB 2	0,0018	100	0,9091
A39	Carreon	0,0568	99,2433	2,7273	-	-	-	-	-

Tabela 2. Constituição genética de 110 cultivares brasileiras de arroz irrigado, liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

Cultivares	NAC	Constituição genética
Aliança	11	$7/64 A1 + 175/1024 A2 + 191/1024 A3 + 5/4096 A4 + 1/4096 A5 + 1/2048 A6 + 1/64 A7 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 3/8 A29 + 1/64 A30$
Belle Patna	3	$5/8 A4 + 1/8 A5 + 1/4 A6$
Bluebelle	5	$7/16 A4 + 1/16 A5 + 1/8 A6 + 5/16 A8 + 1/16 A9$
Bluebonnet	2	$1/2 A4 + 1/2 A5$
Bluebonnet 50	2	$1/2 A4 + 1/2 A5$
BR IPA Moxotó	8	$5/32 A1 + 1/16 A2 + 1/16 A3 + 1/32 A7 + 1/8 A12 + 1/8 A13 + 1/4 A29 + 3/16 A31$
BR IRGA 409	8	$1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13$
BR IRGA 410	8	$1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13$
BR IRGA 411	7	$7/64 A4 + 1/64 A5 + 1/32 A6 + 5/64 A8 + 1/64 A9 + 1/4 A10 + 1/2 A47$
BR IRGA 412	8	$1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13$
BR IRGA 413	8	$1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13$
BR IRGA 414	8	$1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13$
BR/MS 1	11	$33/128 A1 + 61/256 A2 + 61/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/128 A7 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 1/16 A25 + 1/16 A27$
BR/MS 2	5	$1/8 A1 + 1/16 A2 + 1/16 A3 + 1/4 A34 + 1/2 A54$
BRS 6 Chuí	8	$1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13$
BRS Alvorada	16	$117/1024 A1 + 7/128 A2 + 7/128 A3 + 1/128 A4 + 1/128 A5 + 1/1024 A7 + 7/128 A12 + 7/128 A13 + 1/32 A14 + 1/64 A15 + 1/1024 A17 + 1/1024 A18 + 1/512 A19 + 3/32 A34 + 3/512 A63 + 1/2 A94$
BRS Atalanta	14	$1/16 A1 + 63/1024 A2 + 63/1024 A3 + 373/4096 A4 + 273/4096 A5 + 17/2048 A6 + 5/256 A8 + 1/256 A9 + 1/16 A10 + 1/32 A12 + 1/32 A13 + 1/4 A14 + 1/8 A15 + 1/8 A16$
BRS Biguá	6	$7/32 A4 + 1/32 A5 + 1/16 A6 + 5/32 A8 + 1/32 A9 + 1/2 A93$
BRS Firmeza	10	$1/1024 A1 + 689/2048 A4 + 103/2048 A5 + 103/1024 A6 + 1/1024 A7 + 435/2048 A8 + 87/2048 A9 + 1/8 A10 + 1/8 A47 + 3/512 A71$
BRS Formoso	29	$89/1024 A1 + 614/8635 A2 + 463/6467 A3 + 65/9006 A4 + 9/2099 A5 + 3/7562 A6 + 29/4096 A7 + 9/8426 A8 + 9/8426 A9 + 35/8192 A11 + 1/256 A12 + 1/256 A13 + 1/128 A14 + 1/256 A15 + 64/6765 A21 + 9/4213 A22 + 5/1024 A23 + 9/512 A25 + 9/512 A27 + 1/128 A29 + 1/2048 A30 + 15/2048 A32 + 13/512 A34 + 3/256 A40 + 3/256 A41 + 1/64 A42 + 1/32 A49 + 1/16 A50 + 1/2 A51$
BRS Fronteira	21	$159/1024 A1 + 287/2048 A2 + 287/2048 A3 + 7/1024 A4 + 13/4096 A5 + 1/1024 A6 + 5/256 A7 + 7/8192 A8 + 7/8192 A9 + 11/2048 A11 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 31/4096 A21 + 7/4096 A22 + 1/256 A23 + 3/512 A32 + 1/128 A34 + 1/32 A42 + 1/16 A43 + 1/32 A44 + 1/4 A110$
BRS Jaburu	27	$287/4096 A1 + 169/4096 A2 + 169/4096 A3 + 15/4637 A4 + 19/6353 A5 + 1/8192 A6 + 3/4096 A7 + 5/128 A12 + 5/128 A13 + 3/256 A14 + 3/512 A15 + 1/4096 A17 + 1/4096 A18 + 1/2048 A19 + 1/256 A25 + 1/256 A27 + 1/64 A29 + 1/32 A34 + 1/16 A38 + 3/128 A56 + 1/64 A57 + 1/64 A58 + 1/128 A59 + 1/16 A60 + 3/2048 A63 + 1/4 A105 + 1/4 A106$

(Continua)

Tabela 2. Constituição genética de 110 cultivares brasileiras de arroz irrigado, liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

(Continuação)		
Cultivares	NAC	Constituição genética
BRS Jaçanã	21	159/1024 A1 + 287/2048 A2 + 287/2048 A3 + 7/1024 A4 + 13/4096 A5 + 1/1024 A6 + 5/256 A7 + 7/8192 A8 + 7/8192 A9 + 11/2048 A11 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 31/4096 A21 + 7/4096 A22 + 1/256 A23 + 3/512 A32 + 1/128 A34 + 1/32 A42 + 1/16 A43 + 1/32 A44 + 1/4 A110
BRS Ligeirinho	8	1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13
BRS Ourominas	20	121/2048 A1 + 151/4096 A2 + 151/4096 A3 + 35/4096 A4 + 35/8192 A5 + 9/1024 A7 + 9/4213 A8 + 9/4213 A9 + 35/4096 A11 + 155/8192 A21 + 35/8192 A22 + 5/512 A23 + 15/1024 A32 + 5/256 A34 + 3/128 A40 + 3/128 A41 + 1/32 A42 + 1/16 A49 + 1/8 A50 + 1/2 A51
BRS Pampa	41	931/8192 A1 + 298/3279 A2 + 298/3279 A3 + 428/8393 A4 + 95/2999 A5 + 22/2631 A6 + 31/4096 A7 + 75/7436 A8 + 6/2639 A9 + 1/64 A10 + 5/3901 A11 + 13/256 A12 + 13/256 A13 + 3/512 A14 + 3/1024 A15 + 1/8192 A17 + 1/8192 A18 + 1/4096 A19 + 103/5045 A21 + 5/7802 A22 + 3/2048 A23 + 1/512 A25 + 1/512 A27 + 5/512 A29 + 81/4096 A32 + 21/1024 A34 + 1/32 A38 + 1/256 A40 + 1/256 A41 + 1/256 A42 + 1/512 A45 + 3/256 A56 + 1/128 A57 + 1/128 A58 + 1/256 A59 + 1/32 A60 + 3/4096 A63 + 1/64 A65 + 1/64 A66 + 1/8 A105 + 1/8 A106
BRS Pelota	8	1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13
BRS Sinuelo	2	1/8 A64 + 7/8 A92
BRS Tropical	30	1491/8192 A1 + 474/4405 A2 + 394/3645 A3 + 57/4550 A4 + 30/2611 A5 + 2/3855 A6 + 39/8192 A7 + 3/128 A12 + 3/128 A13 + 23/512 A14 + 23/1024 A15 + 1/8192 A17 + 1/8192 A18 + 1/4096 A19 + 17/512 A25 + 13/512 A27 + 1/128 A28 + 1/64 A29 + 1/2048 A30 + 1/32 A34 + 1/32 A38 + 3/128 A56 + 1/64 A57 + 1/64 A58 + 1/128 A59 + 1/16 A60 + 3/4096 A63 + 9/64 A105 + 1/32 A107 + 1/64 A108
BRSGO Guará	16	1755/8192 A1 + 105/1024 A2 + 105/1024 A3 + 15/1024 A4 + 15/1024 A5 + 15/8192 A7 + 105/1024 A12 + 105/1024 A13 + 15/256 A14 + 15/512 A15 + 15/8192 A17 + 15/8192 A18 + 15/4096 A19 + 45/256 A34 + 45/4096 A63 + 1/16 A113
BRSMG Predileta	17	117/2048 A1 + 7/256 A2 + 7/256 A3 + 1/256 A4 + 1/256 A5 + 1/2048 A7 + 7/256 A12 + 7/256 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 1/2048 A17 + 1/2048 A18 + 1/1024 A19 + 3/64 A34 + 3/1024 A63 + 1/2 A111 + 1/4 A112
BRSMG Seleta	39	888/6533 A1 + 753/9481 A2 + 307/3767 A3 + 127/4952 A4 + 140/8609 A5 + 1/3361 A6 + 77/5979 A7 + 9/2048 A8 + 9/2048 A9 + 27/1024 A12 + 27/1024 A13 + 33/512 A14 + 33/1024 A15 + 57/4096 A17 + 57/4096 A18 + 57/2048 A19 + 1/32 A20 + 9/1024 A21 + 9/1024 A22 + 77/2048 A25 + 45/2048 A27 + 1/64 A28 + 3/512 A29 + 17/8192 A30 + 11/256 A34 + 1/256 A36 + 1/256 A37 + 1/64 A56 + 3/2048 A63 + 1/64 A67 + 1/64 A96 + 1/128 A97 + 1/16 A98 + 1/64 A99 + 1/32 A100 + 1/16 A101 + 1/128 A102 + 1/128 A103 + 1/128 A104
Capivari	26	304/2265 A1 + 1267/9053 A2 + 1267/9053 A3 + 3/256 A4 + 1/64 A5 + 29/1703 A7 + 1/128 A11 + 7/128 A12 + 7/128 A13 + 1/32 A14 + 1/64 A15 + 25/1024 A17 + 25/1024 A18 + 25/512 A19 + 1/8 A20 + 7/4096 A21 + 1/1024 A23 + 1/128 A25 + 7/4096 A32 + 1/64 A33 + 3/32 A34 + 1/256 A40 + 1/256 A41 + 1/256 A45 + 1/64 A46 + 3/512 A63
Cica 4	5	1/4 A1 + 1/8 A2 + 1/8 A3 + 1/4 A12 + 1/4 A13
Cica 7	10	3/16 A1 + 3/32 A2 + 3/32 A3 + 1/32 A4 + 1/32 A5 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 1/8 A14 + 1/16 A15 + 1/4 A34
Cica 8	9	3/16 A1 + 79/512 A2 + 79/512 A3 + 5/2048 A4 + 1/2048 A5 + 1/1024 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13 + 1/4 A29
Cica 9	9	17/64 A1 + 59/256 A2 + 59/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/64 A7 + 1/8 A25 + 1/8 A27

(Continua)

Tabela 2. Constituição genética de 110 cultivares brasileiras de arroz irrigado, liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

(Continuação)		
Cultivares	NAC	Constituição genética
Curumim	9	1/8 A1 + 21/128 A4 + 3/128 A5 + 3/64 A6 + 1/8 A7 + 15/128 A8 + 3/128 A9 + 1/4 A86 + 1/8 A87
Dawn	6	7/32 A4 + 1/32 A5 + 1/16 A6 + 5/32 A8 + 1/32 A9 + 1/2 A10
Diamante	11	3/16 A1 + 1/16 A2 + 1/16 A3 + 5/32 A4 + 1/8 A5 + 1/16 A7 + 1/64 A8 + 1/64 A9 + 1/4 A11 + 1/32 A21 + 1/32 A22
EEA 406	12	1/64 A4 + 1/64 A5 + 1/16 A14 + 1/32 A15 + 1/2 A36 + 3/128 A56 + 1/64 A57 + 1/64 A58 + 1/128 A59 + 1/16 A60 + 1/8 A100 + 1/8 A109
El Paso 144	8	1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13
EMPASC 100	5	1/8 A74 + 1/8 A75 + 1/2 A76 + 1/8 A77 + 1/8 A78
EMPASC 101	8	5/32 A1 + 5/32 A2 + 5/32 A3 + 1/32 A7 + 1/8 A12 + 1/8 A13 + 1/8 A21 + 1/8 A32
EMPASC 102	6	1/4 A1 + 1/8 A2 + 1/8 A3 + 1/8 A12 + 1/8 A13 + 1/4 A34
EMPASC 103	8	1/4 A1 + 63/256 A2 + 63/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13
EMPASC 104	5	1/16 A1 + 3/16 A2 + 3/16 A3 + 1/16 A7 + 1/2 A25
EMPASC 105	11	1/8 A1 + 1/16 A2 + 1/16 A3 + 1/16 A4 + 1/32 A5 + 1/64 A8 + 1/64 A9 + 1/16 A11 + 1/32 A21 + 1/32 A22 + 1/2 A24
EPAGRI 106	30	753/4096 A1 + 426/3413 A2 + 154/1229 A3 + 117/5684 A4 + 16/919 A5 + 1/3641 A6 + 53/2048 A7 + 4/1225 A8 + 4/1225 A9 + 155/8192 A11 + 1/128 A12 + 1/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 405/7381 A21 + 33/5053 A22 + 13/1024 A23 + 5/512 A25 + 5/512 A27 + 11/256 A29 + 1/2048 A30 + 99/2048 A32 + 27/512 A34 + 1/64 A39 + 3/128 A40 + 3/128 A41 + 5/128 A42 + 1/256 A45 + 1/16 A49 + 1/32 A66
EPAGRI 107	12	3/16 A1 + 23/128 A2 + 25/128 A3 + 1/128 A4 + 1/128 A5 + 1/64 A7 + 9/64 A12 + 9/64 A13 + 1/32 A14 + 1/64 A15 + 1/64 A30 + 1/16 A34
EPAGRI 108	35	418/3139 A1 + 889/5500 A2 + 892/5249 A3 + 65/5214 A4 + 75/8953 A5 + 3/7562 A6 + 16/825 A7 + 9/4213 A8 + 9/4213 A9 + 43/4096 A11 + 1/256 A12 + 1/256 A13 + 1/128 A14 + 1/256 A15 + 1/256 A17 + 1/256 A18 + 1/128 A19 + 168/8683 A21 + 35/8192 A22 + 41/4096 A23 + 5/256 A25 + 9/512 A27 + 1/128 A29 + 17/2048 A30 + 3/199 A32 + 1/256 A33 + 9/256 A34 + 25/1024 A40 + 25/1024 A41 + 1/32 A42 + 1/1024 A45 + 1/256 A46 + 1/16 A49 + 1/8 A50 + 1/32 A62
EPAGRI 109	35	418/3139 A1 + 889/5500 A2 + 892/5249 A3 + 65/5214 A4 + 75/8953 A5 + 3/7562 A6 + 16/825 A7 + 9/4213 A8 + 9/4213 A9 + 43/4096 A11 + 1/256 A12 + 1/256 A13 + 1/128 A14 + 1/256 A15 + 1/256 A17 + 1/256 A18 + 1/128 A19 + 168/8683 A21 + 35/8192 A22 + 41/4096 A23 + 5/256 A25 + 9/512 A27 + 1/128 A29 + 17/2048 A30 + 3/199 A32 + 1/256 A33 + 9/256 A34 + 25/1024 A40 + 25/1024 A41 + 1/32 A42 + 1/1024 A45 + 1/256 A46 + 1/16 A49 + 1/8 A50 + 1/32 A62
EPEAL 101	8	9/64 A1 + 7/64 A2 + 7/64 A3 + 1/64 A7 + 1/8 A12 + 1/8 A13 + 1/8 A25 + 1/4 A29
EPEAL 102	17	191/1024 A1 + 693/4096 A2 + 701/4096 A3 + 33/3317 A4 + 11/1335 A5 + 7/8192 A6 + 15/1024 A7 + 3/64 A12 + 3/64 A13 + 1/32 A14 + 1/64 A15 + 13/128 A25 + 5/128 A27 + 1/16 A28 + 1/32 A29 + 1/512 A30 + 1/16 A34
Franciscano	14	9/64 A1 + 303/2048 A2 + 303/2048 A3 + 261/8192 A4 + 257/8192 A5 + 1/4096 A6 + 1/32 A11 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 1/16 A14 + 1/32 A15 + 1/16 A29 + 1/16 A33 + 1/8 A34
IAC 100	18	299/2048 A1 + 863/8192 A2 + 871/8192 A3 + 23/3905 A4 + 5/1162 A5 + 3/3781 A6 + 75/2048 A7 + 1/128 A12 + 1/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 9/256 A25 + 9/256 A27 + 1/64 A29 + 1/1024 A30 + 3/16 A31 + 1/32 A34 + 1/4 A38

(Continua)

Tabela 2. Constituição genética de 110 cultivares brasileiras de arroz irrigado, liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

(Continuação)

Cultivares	NAC	Constituição genética
IAC 101	18	299/2048 A1 + 863/8192 A2 + 871/8192 A3 + 23/3905 A4 + 5/1162 A5 + 3/3781 A6 + 75/2048 A7 + 1/128 A12 + 1/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 9/256 A25 + 9/256 A27 + 1/64 A29 + 1/1024 A30 + 3/16 A31 + 1/32 A34 + 1/4 A38
IAC 104	9	1/8 A1 + 63/512 A2 + 63/512 A3 + 5/2048 A4 + 1/2048 A5 + 1/1024 A6 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 1/2 A48
IAC 105	16	427/2048 A1 + 1495/8192 A2 + 1503/8192 A3 + 11/1547 A4 + 25/5498 A5 + 5/3901 A6 + 11/2048 A7 + 9/128 A12 + 9/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 9/256 A25 + 9/256 A27 + 9/64 A29 + 1/1024 A30 + 1/32 A34
IAC 106	18	769/4096 A1 + 332/2101 A2 + 322/2019 A3 + 85/9621 A4 + 29/4493 A5 + 5/4201 A6 + 97/4096 A7 + 3/256 A12 + 3/256 A13 + 3/128 A14 + 3/256 A15 + 27/512 A25 + 27/512 A27 + 3/128 A29 + 3/2048 A30 + 3/32 A31 + 3/64 A34 + 1/8 A38
IAC 1278	14	191/1024 A1 + 755/4096 A2 + 763/4096 A3 + 11/4005 A4 + 2/3641 A5 + 9/8192 A6 + 15/1024 A7 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 13/128 A25 + 5/128 A27 + 1/16 A28 + 3/32 A29 + 1/512 A30
IAC 238	20	103/512 A1 + 151/1024 A2 + 151/1024 A3 + 29/4096 A4 + 17/4096 A5 + 1/2048 A6 + 5/512 A7 + 1/1024 A8 + 1/1024 A9 + 1/256 A10 + 1/128 A12 + 1/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 5/64 A25 + 1/64 A27 + 1/16 A28 + 1/32 A34 + 1/8 A84 + 1/8 A85
IAC 242	20	103/512 A1 + 151/1024 A2 + 151/1024 A3 + 29/4096 A4 + 17/4096 A5 + 1/2048 A6 + 5/512 A7 + 1/1024 A8 + 1/1024 A9 + 1/256 A10 + 1/128 A12 + 1/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 5/64 A25 + 1/64 A27 + 1/16 A28 + 1/32 A34 + 1/8 A84 + 1/8 A85
IAC 300	6	3/16 A73 + 3/32 A79 + 3/32 A80 + 1/16 A81 + 1/16 A82 + 1/2 A83
IAC 400	17	1/128 A1 + 1/256 A2 + 1/256 A3 + 1/2 A95 + 3/16 A120 + 53/256 A121 + 19/256 A122 + 1/64 A123
IAC 4440	9	3/16 A1 + 79/512 A2 + 79/512 A3 + 5/2048 A4 + 1/2048 A5 + 1/1024 A6 + 1/8 A12 + 1/8 A13 + 1/4 A29
IAC 500	10	2/1057 A1 + 835/2158 A4 + 433/7265 A5 + 866/7265 A6 + 2/1057 A7 + 251/1129 A8 + 402/9041 A9 + 31/256 A10 + 93/8192 A71 + 1/32 A72
IAC 899	6	1/32 A1 + 3/32 A2 + 3/32 A3 + 1/32 A7 + 1/4 A25 + 1/2 A26
IAPAR 58	10	3/16 A1 + 3/32 A2 + 3/32 A3 + 1/32 A4 + 1/32 A5 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 1/8 A14 + 1/16 A15 + 1/4 A34
Inca	19	1/2048 A1 + 473/4096 A4 + 223/4096 A5 + 63/2048 A6 + 1/2048 A7 + 899/4096 A8 + 47/4096 A9 + 1/32 A10 + 3/1024 A71 + 1/128 A88 + 1/128 A89 + 1/64 A114 + 1/8 A115 + 1/512 A116 + 1/8 A117 + 1/8 A118 + 1/8 A119
IR 8	3	1/2 A1 + 1/4 A2 + 1/4 A3
IRGA 408	5	1/4 A1 + 1/8 A2 + 1/8 A3 + 1/4 A12 + 1/4 A13
IRGA 416	10	5/32 A1 + 111/512 A2 + 111/512 A3 + 5/2048 A4 + 1/2048 A5 + 1/1024 A6 + 1/32 A7 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 1/4 A25
IRGA 417	25	161/1024 A1 + 1151/8192 A2 + 1151/8192 A3 + 809/8192 A4 + 302/5003 A5 + 17/1024 A6 + 59/4096 A7 + 75/3718 A8 + 25/5498 A9 + 1/32 A10 + 21/8192 A11 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 206/5045 A21 + 5/3901 A22 + 3/1024 A23 + 1/256 A29 + 81/2048 A32 + 5/512 A34 + 1/128 A40 + 1/128 A41 + 1/128 A42 + 1/256 A45 + 1/32 A65 + 1/32 A66
IRGA 418	11	65/256 A1 + 31/128 A2 + 31/128 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/256 A7 + 3/32 A12 + 3/32 A13 + 1/32 A25 + 1/32 A27

(Continua)

Tabela 2. Constituição genética de 110 cultivares brasileiras de arroz irrigado, liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

			(Continuação)
Cultivares	NAC	Constituição genética	
IRGA 419	16	491/2048 A1 + 1871/8192 A2 + 1879/8192 A3 + 34/4081 A4 + 7/1461 A5 + 1/565 A6 + 11/2048 A7 + 9/128 A12 + 9/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 9/256 A25 + 9/256 A27 + 1/64 A29 + 1/1024 A30 + 1/32 A34	
IRGA 420	16	491/2048 A1 + 1871/8192 A2 + 1879/8192 A3 + 34/4081 A4 + 7/1461 A5 + 1/565 A6 + 11/2048 A7 + 9/128 A12 + 9/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 9/256 A25 + 9/256 A27 + 1/64 A29 + 1/1024 A30 + 1/32 A34	
IRGA 421	10	5/32 A1 + 111/512 A2 + 111/512 A3 + 5/2048 A4 + 1/2048 A5 + 1/1024 A6 + 1/32 A7 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 1/4 A25	
IRGA 422 CL	26	1127/8192 A1 + 843/6857 A2 + 843/6857 A3 + 578/6689 A4 + 134/2537 A5 + 119/8192 A6 + 41/3253 A7 + 29/1643 A8 + 3/754 A9 + 7/256 A10 + 17/7579 A11 + 7/128 A12 + 7/128 A13 + 90/2519 A21 + 3/2675 A22 + 21/8192 A23 + 7/2048 A29 + 173/4999 A32 + 35/4096 A34 + 7/1024 A40 + 7/1024 A41 + 7/1024 A42 + 7/2048 A45 + 1/8 A64 + 7/256 A65 + 7/256 A66	
IRGA 423	20	811/8192 A1 + 862/7745 A2 + 259/2322 A3 + 131/2283 A4 + 2/219 A5 + 85/5211 A6 + 75/8192 A7 + 5/128 A8 + 1/128 A9 + 1/8 A10 + 17/512 A12 + 17/512 A13 + 1/256 A14 + 1/512 A15 + 73/1024 A25 + 9/1024 A27 + 1/256 A29 + 1/4096 A30 + 1/128 A34 + 1/4 A47	
IRGA 424	20	1003/8192 A1 + 723/6095 A2 + 109/917 A3 + 168/2897 A4 + 18/1945 A5 + 107/6463 A6 + 11/8192 A7 + 5/128 A8 + 1/128 A9 + 1/8 A10 + 25/512 A12 + 25/512 A13 + 1/256 A14 + 1/512 A15 + 9/1024 A25 + 9/1024 A27 + 1/256 A29 + 1/4096 A30 + 1/128 A34 + 1/4 A47	
IRGA 425	36	209/3139 A1 + 324/4009 A2 + 446/5249 A3 + 58/9305 A4 + 4/955 A5 + 1/5041 A6 + 8/825 A7 + 9/8426 A8 + 9/8426 A9 + 43/8192 A11 + 1/512 A12 + 1/512 A13 + 1/256 A14 + 1/512 A15 + 1/512 A17 + 1/512 A18 + 1/256 A19 + 84/8683 A21 + 9/4213 A22 + 41/8192 A23 + 5/512 A25 + 9/1024 A27 + 1/256 A29 + 17/4096 A30 + 3/398 A32 + 1/512 A33 + 9/512 A34 + 25/2048 A40 + 25/2048 A41 + 1/64 A42 + 1/2048 A45 + 1/512 A46 + 1/32 A49 + 1/16 A50 + 1/64 A62 + 1/2 A90	
Javaé	30	753/4096 A1 + 426/3413 A2 + 154/1229 A3 + 117/5684 A4 + 16/919 A5 + 1/3641 A6 + 53/2048 A7 + 4/1225 A8 + 4/1225 A9 + 155/8192 A11 + 1/128 A12 + 1/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 405/7381 A21 + 33/5053 A22 + 13/1024 A23 + 5/512 A25 + 5/512 A27 + 11/256 A29 + 1/2048 A30 + 99/2048 A32 + 27/512 A34 + 1/64 A39 + 3/128 A40 + 3/128 A41 + 5/128 A42 + 1/256 A45 + 1/16 A49 + 1/32 A66	
Jequitibá	11	33/128 A1 + 61/256 A2 + 61/256 A3 + 5/1024 A4 + 1/1024 A5 + 1/512 A6 + 1/128 A7 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 1/16 A25 + 1/16 A27	
Le Bonnet	6	55/128 A4 + 9/128 A5 + 9/64 A6 + 25/128 A8 + 5/128 A9 + 1/8 A10	
Metica 1	15	117/512 A1 + 7/64 A2 + 7/64 A3 + 1/64 A4 + 1/64 A5 + 1/512 A7 + 7/64 A12 + 7/64 A13 + 1/16 A14 + 1/32 A15 + 1/512 A17 + 1/512 A18 + 1/256 A19 + 3/16 A34 + 3/256 A63	
MG 1	15	41/256 A1 + 89/512 A2 + 89/512 A3 + 21/2048 A4 + 17/2048 A5 + 1/1024 A6 + 5/256 A7 + 1/64 A12 + 1/64 A13 + 1/32 A14 + 1/64 A15 + 5/32 A25 + 1/32 A27 + 1/8 A28 + 1/16 A34	
MG 2	7	5/32 A1 + 5/32 A2 + 5/32 A3 + 1/32 A7 + 1/8 A21 + 1/8 A32 + 1/4 A61	
Mucuri	17	65/512 A1 + 257/2048 A2 + 257/2048 A3 + 47/8192 A4 + 35/8192 A5 + 3/4096 A6 + 5/512 A7 + 5/128 A12 + 5/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 5/64 A25 + 1/64 A27 + 1/16 A28 + 1/16 A29 + 1/32 A34 + 1/4 A35	
Oryzica 1	16	235/1024 A1 + 863/4096 A2 + 871/4096 A3 + 46/3905 A4 + 5/581 A5 + 13/8192 A6 + 11/1024 A7 + 1/64 A12 + 1/64 A13 + 1/32 A14 + 1/64 A15 + 9/128 A25 + 9/128 A27 + 1/32 A29 + 1/512 A30 + 1/16 A34	
Pericumã	12	7/32 A1 + 255/2048 A2 + 255/2048 A3 + 69/8192 A4 + 65/8192 A5 + 1/4096 A6 + 11/64 A12 + 11/64 A13 + 1/32 A14 + 1/64 A15 + 1/16 A29 + 1/16 A34	

(Continua)

Tabela 2. Constituição genética de 110 cultivares brasileiras de arroz irrigado, liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

(Continuação)		
Cultivares	NAC	Constituição genética
PESAGRO 101	18	17/128 A1 + 89/512 A2 + 89/512 A3 + 7/512 A4 + 7/1024 A5 + 7/256 A7 + 7/2048 A8 + 7/2048 A9 + 7/512 A11 + 31/1024 A21 + 7/1024 A22 + 3/64 A23 + 1/32 A25 + 3/128 A32 + 1/8 A33 + 1/32 A34 + 1/8 A42 + 1/32 A52
PESAGRO 102	14	13/128 A1 + 17/128 A2 + 17/128 A3 + 9/128 A4 + 3/64 A5 + 5/128 A7 + 3/256 A8 + 3/256 A9 + 3/32 A11 + 3/128 A21 + 3/128 A22 + 1/8 A29 + 1/16 A52 + 1/8 A53
PESAGRO 103	6	1/128 A1 + 31/256 A4 + 31/256 A5 + 1/128 A7 + 31/128 A11 + 1/2 A70
PESAGRO 104	10	3/16 A1 + 3/32 A2 + 3/32 A3 + 1/32 A4 + 1/32 A5 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 1/8 A14 + 1/16 A15 + 1/4 A34
PESAGRO 105	5	1/8 A1 + 1/16 A2 + 1/16 A3 + 1/4 A34 + 1/2 A55
PESAGRO 106	12	167/1024 A1 + 911/4096 A2 + 919/4096 A3 + 16/4033 A4 + 3/3781 A5 + 13/8192 A6 + 23/1024 A7 + 21/128 A25 + 5/128 A27 + 1/8 A28 + 1/32 A29 + 1/512 A30
PESAGRO 107	18	299/2048 A1 + 863/8192 A2 + 871/8192 A3 + 23/3905 A4 + 5/1162 A5 + 3/3781 A6 + 75/2048 A7 + 1/128 A12 + 1/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 9/256 A25 + 9/256 A27 + 1/64 A29 + 1/1024 A30 + 3/16 A31 + 1/32 A34 + 1/4 A38
Qualimax 13	11	11/64 A1 + 95/512 A2 + 95/512 A3 + 5/2048 A4 + 1/2048 A5 + 1/1024 A6 + 1/64 A7 + 3/32 A12 + 3/32 A13 + 1/8 A25 + 1/8 A29
Rio Grande	17	915/4096 A1 + 1124/4807 A2 + 1024/4097 A3 + 49/6567 A4 + 11/1780 A5 + 5/7802 A6 + 83/4096 A7 + 3/256 A12 + 3/256 A13 + 3/128 A14 + 3/256 A15 + 17/512 A25 + 17/512 A27 + 5/128 A29 + 33/2048 A30 + 3/64 A34 + 1/32 A39
Roraima	25	161/1024 A1 + 1151/8192 A2 + 1151/8192 A3 + 809/8192 A4 + 302/5003 A5 + 17/1024 A6 + 59/4096 A7 + 75/3718 A8 + 25/5498 A9 + 1/32 A10 + 21/8192 A11 + 1/16 A12 + 1/16 A13 + 206/5045 A21 + 5/3901 A22 + 3/1024 A23 + 1/256 A29 + 81/2048 A32 + 5/512 A34 + 1/128 A40 + 1/128 A41 + 1/128 A42 + 1/256 A45 + 1/32 A65 + 1/32 A66
Samburá	17	49/512 A1 + 185/1024 A2 + 201/1024 A3 + 21/4096 A4 + 17/4096 A5 + 1/2048 A6 + 13/512 A7 + 1/128 A12 + 1/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 5/64 A25 + 1/64 A27 + 1/16 A28 + 1/64 A30 + 1/32 A34 + 1/4 A35
Sapucai	16	109/512 A1 + 337/2048 A2 + 345/2048 A3 + 79/8192 A4 + 67/8192 A5 + 3/4096 A6 + 5/512 A7 + 5/64 A12 + 5/64 A13 + 1/32 A14 + 1/64 A15 + 3/64 A25 + 3/64 A27 + 1/16 A29 + 1/256 A30 + 1/16 A34
SCS 112	12	11/64 A1 + 159/1024 A2 + 159/1024 A3 + 5/4096 A4 + 1/4096 A5 + 1/2048 A6 + 1/64 A7 + 1/8 A12 + 1/8 A13 + 1/16 A21 + 1/8 A29 + 1/16 A32
SCS 114 Andosan	5	1/16 A1 + 3/16 A2 + 3/16 A3 + 1/16 A7 + 1/2 A25
SCS 115 CL	36	125/988 A1 + 658/4771 A2 + 484/3401 A3 + 4/481 A4 + 26/4827 A5 + 5/7802 A6 + 55/4982 A7 + 9/8426 A8 + 9/8426 A9 + 43/8192 A11 + 5/256 A12 + 5/256 A13 + 1/128 A14 + 1/256 A15 + 1/512 A17 + 1/512 A18 + 1/256 A19 + 84/8683 A21 + 9/4213 A22 + 41/8192 A23 + 19/1024 A25 + 9/512 A27 + 1/128 A29 + 9/2048 A30 + 3/398 A32 + 1/512 A33 + 13/512 A34 + 25/2048 A40 + 25/2048 A41 + 1/64 A42 + 1/2048 A45 + 1/512 A46 + 1/32 A49 + 1/16 A50 + 1/64 A62 + 1/4 A64
SCS 117 CL	36	125/988 A1 + 658/4771 A2 + 484/3401 A3 + 4/481 A4 + 26/4827 A5 + 5/7802 A6 + 55/4982 A7 + 9/8426 A8 + 9/8426 A9 + 43/8192 A11 + 5/256 A12 + 5/256 A13 + 1/128 A14 + 1/256 A15 + 1/512 A17 + 1/512 A18 + 1/256 A19 + 84/8683 A21 + 9/4213 A22 + 41/8192 A23 + 19/1024 A25 + 9/512 A27 + 1/128 A29 + 9/2048 A30 + 3/398 A32 + 1/512 A33 + 13/512 A34 + 25/2048 A40 + 25/2048 A41 + 1/64 A42 + 1/2048 A45 + 1/512 A46 + 1/32 A49 + 1/16 A50 + 1/64 A62 + 1/4 A64

(Continua)

Tabela 2. Constituição genética de 110 cultivares brasileiras de arroz irrigado, liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

(Conclusão)

Cultivares	NAC	Constituição genética
SCS BRS 111	21	689/4096 A1 + 33/256 A2 + 139/1024 A3 + 3/512 A4 + 3/512 A5 + 93/4096 A7 + 19/512 A12 + 19/512 A13 + 3/128 A14 + 3/256 A15 + 33/4096 A17 + 33/4096 A18 + 33/2048 A19 + 1/64 A29 + 7/1024 A30 + 7/128 A34 + 1/16 A62 + 3/2048 A63 + 1/16 A67 + 1/16 A68 + 1/8 A69
SCS Pantaneira	36	209/3139 A1 + 324/4009 A2 + 446/5249 A3 + 58/9305 A4 + 4/955 A5 + 1/5041 A6 + 8/825 A7 + 9/8426 A8 + 9/8426 A9 + 43/8192 A11 + 1/512 A12 + 1/512 A13 + 1/256 A14 + 1/512 A15 + 1/512 A17 + 1/512 A18 + 1/256 A19 + 84/8683 A21 + 9/4213 A22 + 41/8192 A23 + 5/512 A25 + 9/1024 A27 + 1/256 A29 + 17/4096 A30 + 3/398 A32 + 1/512 A33 + 9/512 A34 + 25/2048 A40 + 25/2048 A41 + 1/64 A42 + 1/2048 A45 + 1/512 A46 + 1/32 A49 + 1/16 A50 + 1/64 A62 + 1/2 A91
Urucuia	17	65/512 A1 + 257/2048 A2 + 257/2048 A3 + 47/8192 A4 + 35/8192 A5 + 3/4096 A6 + 5/512 A7 + 5/128 A12 + 5/128 A13 + 1/64 A14 + 1/128 A15 + 5/64 A25 + 1/64 A27 + 1/16 A28 + 1/16 A29 + 1/32 A34 + 1/4 A35

Os símbolos (A1, A2... A123) referem-se aos ancestrais relacionados na Tabela 1. Os números fracionados representam o coeficiente de parentesco entre os ancestrais e as cultivares.

Tabela 3. Número de Cultivares (NC), Número de Ancestrais (NA), Número Médio de Ancestrais por Cultivar (NMAC), Número de Ancestrais que compõem a Base Genética (NABG) aos níveis de 60, 70, 80 e 90%, número de Novos Ancestrais inseridos em cada período avaliado e relação entre o Número de Ancestrais e Número de Cultivares (NA/NC) para as cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

Período	NC	NA	NMAC	NABG				NA/NC	Ancestrais anteriores	Novos ancestrais
				60%	70%	80%	90%			
1965-1980	17	32	5,88	6	8	11	15	1,88	-	32
1981-1990	31	43	10,87	6	8	13	20	1,39	18	25
1991-2000	36	59	17,27	7	11	16	25	1,64	32	27
2001-2012	26	92	20,19	14	19	26	38	3,53	53	39
1965-2012	110	123	14,37	8	13	23	43	1,12	-	-

Tabela 4. Contribuição Genética Relativa (CGR%), Contribuição Genética Acumulada (CGA%) e Frequência dos Ancestrais na Genealogia (FAG%) para os principais ancestrais das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente nos quatro períodos (1965-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2012).

Ancestrais	CGR%	CGA%	FAG%
Período de 1965-1980			
Marong Paroc	16,2799	16,2799	58,8235
Dee Geo Woo Gen	12,5000	28,7799	52,9412
Cina	8,5938	37,3736	52,9412
Latisail	8,5938	45,9674	52,9412
Pa Chiam	7,8699	53,8373	58,8235
MCVA	6,2500	60,0873	41,1765
Período de 1981-1990			
Dee Geo Woo Gen	17,0961	17,0961	96,7742
Latisail	15,0194	32,1155	90,3226
Cina	14,9501	47,0656	90,3226
MCVA	5,4435	52,5091	64,5161
I Geo Tze	5,4435	57,9527	64,5161
Tetep	4,9395	62,8922	32,2581
Período de 1991-2000			
Dee Geo Woo Gen	15,9901	15,9901	100,0000
Latisail	15,1166	31,1067	94,4444
Cina	14,8935	46,0003	94,4444
MCVA	4,8665	50,8668	88,8889
I Geo Tze	4,8665	55,7333	88,8889
Khao Dawk Mali 105	3,7272	59,4606	61,1111
Marong Paroc	3,1445	62,6051	97,2222
Período de 2001-2012			
Dee Geo Woo Gen	11,2208	11,2208	88,4615
Latsail	9,4865	20,7072	84,6154
Cina	9,3893	30,0965	84,6154
Marong Paroc	3,8840	33,9805	84,6154
Khao Dawk Mali 105	3,8105	37,791	50,0000
BRS Taim	3,3654	41,1564	3,8462
MCVA	3,0950	44,2514	73,0769
I Geo Tze	3,0950	47,3463	73,0769
AS 3510	2,8846	50,2309	15,3846
Tadukan	2,6433	52,8742	73,0769
IRGA 407	1,9231	54,7973	7,6923
17719	1,9231	56,7204	3,8462
Arborio	1,9231	58,6434	3,8462
IRGA 1598	1,9231	60,5665	3,8462

Referências

Canci PC, Barbosa Neto JF, Carvalho FIF (1997) Implementação da seleção recorrente no melhoramento de plantas autógamas através da macho-esterilidade. *Ciência Rural* 27:505-512.

CEPA (2011) Arroz – safra 2010/11, produção e mercado mundial, EPAGRI.
http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2011/Arroz%20sintese%202011.pdf.
Acessado 25 outubro 2012.

CIAT (2005) CIAT rice varieties released in latin america and the caribbean.
http://www.ciat.cgiar.org/ourprograms/Agrobiodiversity/rice/Documents/rice_varieties_lac.pdf.
Acessado 20 abril 2012.

Châteal M, Guimarães EP (2002) International partnership for rice improvement in Latin America: CIRAD, a case study. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 2:639-648.

Coimbra JLM, Bertoldo JG, Vale NM (2008) Uso da macho-esterilidade no melhoramento de híbridos comerciais em arroz. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 7:61-74.

Cordeiro ACC (2008) Métodos de melhoramento genético de arroz irrigado. Boa Vista: EMBRAPA Roraima.

Cordeiro ACC, Medeiros RD (2010a) BRS Jaçanã e BRS Tropical: cultivares de arroz irrigado para os sistemas de produção de arroz em várzea de Roraima. *Revista Agro@mbiente On-line, Roraima* 4:67-73.

Cordeiro ACC, Medeiros RD (2010b) Desempenho produtivo de genótipos de arroz oriundos de hibridação interespecífica entre *Oryza sativa* e *Oryza glumaepatula*, em várzea de Roraima. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento* 5:1-10.

Cordeiro ACC, Rangel PHN (2011) Avaliação de populações de arroz irrigado conduzidas por seleção recorrente em várzea de Roraima. *Revista Agro@mbiente* 5:182-187.

Cuevas-Pérez FE, Guimarães EP, Berrio LE, Gonzáles DI (1992) Genetic base of irrigated rice in Latin American and the Caribbean, 1971 to 1989. *Crop Science* 32:1054-1059.

Cui Z, Carter Júnior TE, Burton JW (2000) Genetic base of 651 chinese soybean cultivars released during 1923 to 1995. *Crop Science* 40:1780-1793.

Cutrim VA, Rangel PHN (2002) BRS Jaburu - Irrigated rice cultivar for the states of Goiás and Tocantins. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 2:479-480.

Delannay DM, Rodgers DM, Palmer RG (1983) Relative genetic contribution among ancestral lines to North American soybean cultivars. *Crop Science* 23:944-949.

Dilday RH (1990) Contribution of ancestral lines in the development of new cultivars of rice. *Crop Science* 30:905-911.

EMBRAPA (2005) Cultivo do arroz irrigado no Brasil.
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap05.htm>.
Acessado 04 outubro 2012.

IRRI (1985) Parentage of IRRI of crosses IR 1-IR 50,000. IRRI, Manila.

IRRI (1998) INGER-derived rice varieties directly released in various countries. IRRI, Los Baños.

Magalhães Júnior AM (2011) BRS Pampa: cultivar de arroz agulhinha incrementa produtividade no Sul. <http://www.snt.embrapa.br/publico/usuarios/produtos/234-Anexo3.pdf>. Acessado 04 dezembro 2012.

Magalhães Júnior AM, Fagundes PRR, Franco D, Andres A, Rangel PHN, Moraes OP, Moura Neto F, Severo ACM (2010) BRS Sinuelo CL: cultivar de arroz irrigado para o sistema Clearfield®. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 8p.

Montalván R, Destro D, Silva EF, Montañó DC (1998) Genetic base of Brazilian upland rice cultivars. *Journal of Genetics & Breeding* 53:203-209.

Morais OP, Rangel PHN (1997) Melhoramento de arroz no Brasil. In: Simpósio sobre atualização em genética e melhoramento de plantas, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 1997. p.147-166.

Nass LL, Paterniani E (2000) Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. *Scientia Agricola* 57:581-587.

Rangel PHN, Bondani C, Morais OP, Schiocchet MA, Borba TCO, Rangel PN, Brondani RPV, Yokoyama S, Bacha RE, Ishy T (2007) Establishment of the irrigated rice cultivar SCSBRS Tio Taka by recurrent selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 7:103-110.

Rangel PHN, Guimarães EP, Neves PCF (1996) Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 31:349-357.

Rangel PHN, Guimarães EP, Rabelo RR (2000a) Melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. In: Queiroz MA, Goedert CO, Ramos SRR (ed.) Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. EMBRAPA-Semi-árido, Petrolina.

Rangel PHN, Pereira JA, Morais OP, Guimarães EP, Yokokura T (2000b) Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no meio norte do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:1595-1604.

Rangel PHN, Pereira JA, Barros JCL, Melo PCS, Soares DM, Cutrim VA, Fonseca JR, Mendonça JA, Santiago CA (2006) BRS Alvorada e SCSBRS Tio Taka: novas cultivares de arroz de várzea para a região Nordeste do Brasil. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás.

Rangel PHN, Morais OP, Zimmermann FJP (2002) Grain yield gains in three recurrent selection cycles in the CNAIRAT 4 irrigated rice population. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 2:369-374.

Silva, EF, Montalván R, Ando A (1999) Genealogia dos cultivares brasileiros de arroz-de-sequeiro. *Bragantia* 58:281-286.

Soares AA, Soares PC, Castro EM, Morais OP, Rangel PHN, Reis MS (2004a) Melhoramento genético de arroz em Minas Gerais. *Informe Agropecuário* 25:19-23.

Soares PC, Melo PGS, Melo LC, Soares AA (2005) Genetic gain in an improvement program of irrigated rice in Minas Gerais. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 5:142-148.

Soares PC, Soares AA, Morais OP, Castro EM, Rangel PHN, Cornélio VMA, Souza MA (2004b) Cultivares de arroz de terras altas e de várzeas recomendadas para Minas Gerais. *Informe Agropecuário* 25:25-34.

Vello NA (1985) Efeitos da introdução de germoplasma exótico sobre a produtividade e relações com a base genética das cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Tese (Livre-Docência), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós - ESALQ - USP.

Vello NA, Hiromoto DM, Azevedo Filho AJBV (1988) Coefficient of parentage and breeding of Brazilian soybean germplasm. *Revista Brasileira de Genética* 11:679-697.

Viegas GP, Germek EB, Miranda HS (1945) Contribuição para a melhoria da rizicultura no Estado de São Paulo. *Bragantia* 5:187-196.

CAPÍTULO III

GENEALOGIA DAS CULTIVARES BRASILEIRAS DE ARROZ IRRIGADO

Genealogia das cultivares brasileiras de arroz irrigado

Hudson de Oliveira Rabelo¹, João filipi Rodrigues Guimarães², Edson Ferreira da Silva¹

¹Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, 52171-900, Dois Irmãos, Recife, (PE) Brasil, ²Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Bioinformática, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa - MG.

Resumo

A base genética de uma espécie cultivada pode ser ampliada mediante o desenvolvimento de cultivares provenientes de cruzamentos entre genitores divergentes ou de baixo grau de parentesco com genótipos melhorados. Para tanto, é imprescindível que se conheça as genealogias dos genitores a serem recombinados. Porém, a não divulgação e a circulação restrita de alguns registros genealógicos dificultam o acesso a tais informações, o que dificulta a escolha de genitores não relacionados geneticamente. O presente trabalho teve por objetivo reunir em única publicação as genealogias das principais cultivares de arroz irrigado liberadas comercialmente no Brasil no período de 1965 a 2012. As genealogias foram constituídas com base em informações obtidas em *folders* de divulgação de cultivares, *sites* de internet, livros de registros de cruzamentos e artigos científicos. Foram obtidas informações genealógicas de 116 cultivares brasileiras de arroz irrigado, as quais foram desenvolvidas a partir de 131 diferentes ancestrais. Observou-se que algumas cultivares originaram-se dos mesmos ancestrais, o que contribui para o estreitamento da base genética. Foi evidenciada que as atividades de intercâmbio de germoplasma entre os centros de pesquisas do Brasil e instituições internacionais tiveram grande importância para o desenvolvimento das cultivares brasileiras de arroz irrigado.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, ancestrais, base genética, vulnerabilidade genética.

Genealogy of Brazilian irrigated rice cultivars

Abstract

The genetic base of the crops may be wide by the development of cultivars from crosses between divergent parents or that have low degree of parentage with improved cultivars. Therefore, it is essential to know the pedigrees of the genitors that will be used in genetic recombination. However, the unknown of pedigree its restrict access to became more difficult to choice genitors that are genetic divergent. This paper aimed to bring on only one publication the genealogies of the main irrigated rice cultivars released commercially in Brazil from 1965 to 2012. The genealogies were constructed based on information from crossing lists, cultivar release brochures, books and scientific papers. It was obtained genealogic information from 116 Brazilian irrigated rice cultivars, which were development from 131 distinct ancestors. It was observed that some cultivars were derived from the same ancestors, which contributes to the narrowing of the genetic basis. It was evident that the germplasm exchanges among research centers of Brazil and also among international institutions were of great importance for the development of Brazilian irrigated rice cultivars.

Keywords: *Oryza sativa*, ancestors, genetic base, genetic vulnerability.

Introdução

O cultivo do arroz irrigado é responsável por cerca de 54,76% da área orizícola brasileiras, que totalizam 2470,8 mil hectares (CONAB, 2012a). A produção de arroz da safra 2011/2012 foi estimada em 11,6 milhões de toneladas, sendo grande parte desta proveniente de lavouras irrigadas, as quais obtiveram nessa mesma safra produtividade média de cerca de 6.954 kg/ha (CONAB, 2012b). Os índices de produtividade obtidos no sistema irrigado devem-se, em parte, ao grande número de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do país (Soares et al. 2004).

A maioria das cultivares brasileiras de arroz irrigado foi desenvolvida a partir de genótipos obtidos pelas atividades de intercâmbio entre institutos de pesquisa nacionais e internacionais. Tais genótipos são os principais ancestrais das cultivares brasileiras, e juntos representam grande parte da base genética do arroz irrigado cultivado no Brasil. Para Cui et al. (2000), a base genética é definida como todo o conjunto de genes que contribuem para o desenvolvimento de cultivares de uma determinada espécie.

Apesar de terem proporcionado incrementos significativos em produtividade, cultivares brasileiras de arroz irrigado possuem base genética estreita, tendo em vista que estas foram desenvolvidas a partir de um grupo restrito de ancestrais (Rangel et al. 1996). Os mesmos autores afirmam que os cruzamentos entre genótipos aparentados podem ter contribuído para o estreitamento da base genética do arroz irrigado brasileiro. Nos programas de melhoramento, a escolha de genitores é feita por muitas vezes com base em características morfoagronômicas, sendo nestes casos, desconsiderados as origem genéticas dos genótipos a serem recombinados, bem como o grau de parentesco entre estes.

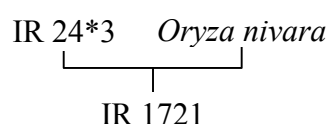
A base genética da cultura do arroz pode ser ampliada mediante o cruzamento de genitores divergentes ou com baixo grau de parentesco, de modo que possam ser recombinados aqueles que proporcionem um maior *pool* gênico às gerações segregantes (Silva et al. 1999). Para tanto, é imprescindível o conhecimento das genealogias dos genótipos a serem recombinados. Porém, a não divulgação e a circulação restrita de alguns registros genealógicos dificultam a escolha de genitores não relacionados geneticamente. Desse modo, a divulgação dos registros genealógicos das cultivares brasileiras de arroz irrigado pode facilitar que nos programas de melhoramento sejam recombinados genitores mais divergentes, de modo a se evitar os cruzamentos aparentados.

O presente trabalho teve por objetivo reunir em única publicação as genealogias das principais cultivares de arroz irrigado liberadas comercialmente no Brasil no período de 1965 a 2012.

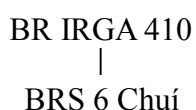
Material e métodos

Foram relacionadas as principais cultivares de arroz irrigado liberadas comercialmente no Brasil no período de 1965 a 2012. As genealogias foram construídas com base em informações obtidas em folders de divulgação, *sites* de internet de institutos de pesquisas, livros de registros de cruzamentos realizados pelos institutos de pesquisa (IRRI, 1985, 1998; CIAT, 2005) e artigos científicos (Dilday, 1990; Rangel et al. 1996; Montalván et al. 1998; Silva et al. 1999; Châteal e Guimarães, 2002; Cutrim e Rangel, 2002; Rangel et al. 2007, Cordeiro e Medeiros, 2010a).

Procurou-se estruturar as genealogias até que fossem conhecidos os ancestrais mais antigos. Estas foram organizadas de modo que os genitores femininos fossem dispostos à esquerda de suas descendências, e assim manteve-se a identificação da herança genética citoplasmática, transmitida apenas pelo genitor feminino. Os retrocruzamentos foram representados pelo símbolo “*” seguido de algarismo que representa o número de vezes em que o genitor recorrente foi utilizado, considerando-se os ciclos de retrocruzamento e o cruzamento inicial, como pode ser observado no exemplo a seguir:



Nesse caso, IR 24 foi cruzado com *Oryza nivara*, e a progênie foi submetida a dois retrocruzamentos. Genótipos oriundos de mutação ou de seleção direta em outros foram designados por conexão direta (|) entre genitor e progênie, como exemplificado abaixo:



Nesse exemplo a cultivar BRS 6 Chuí é oriunda de seleção em populações de BR IRGA 410. O símbolo “:” indica que os ancestrais de um determinado genótipo encontram-se dispostos em outra ramificação genealógica. Para facilitar a construção das genealogias, os nomes de alguns ancestrais foram abreviados e listados na Tabela 1.

Resultados e discussão

Foram obtidas informações genealógicas referentes a 116 cultivares de arroz irrigado, listadas na Tabela 2. Não foi possível identificar a origem genética de cultivares híbridas e da maioria das cultivares desenvolvidas por empresas privadas, devido à não divulgação dos registros genealógicos destas. Foram identificados 131 diferentes ancestrais, os quais representam a população efetiva das cultivares brasileiras de arroz irrigado ($N_e = 131$).

Entretanto, devido à falta de informações referente a alguns destes, o número efetivo de ancestrais não é exato, tendo em vista que podem ser oriundos de outros genitores ou haver relação genética entre alguns ancestrais.

A grande maioria das cultivares foi desenvolvida por empresas do setor público, destacando-se a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA), o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Segundo Lopes et al. (2012) a maior participação da iniciativa pública brasileira no melhoramento genético é considerada atípica quando comparada ao cenário mundial, tendo em vista que em outros países de agricultura desenvolvida, assim como a do Brasil, há predominância das atividades desenvolvidas pelas empresas privadas.

As genealogias agrupadas são apresentadas nas Figuras 1a, 1b, 1c, 1d, e 1e. Devido à impossibilidade de organização dos registros genealógicos das cultivares SCSBRS Tio Taka, EMPASC 100, IAC 600, BRS Querência, BRS Bojuru, IAC 300 e INCA com as demais, a genealogias dessas são apresentadas separadamente na Figura 1e. Especificamente para SCSBRS Tio Taka, o arranjo das suas informações genealógicas com as demais não foi possível, uma vez que esta cultivar originou-se de uma população heterogênea obtida por seleção recorrente denominada de CNA 8644, segundo Rangel et al. (2007).

Observou-se que algumas cultivares possuem mesma origem genética, dentre estas a BR IRGA 409, a BR IRGA 410, a BR IRGA 413, a EL PASO 144 e a EMPASC 103 originam-se do cruzamento entre IR 930 e IR 665. Outras foram obtidas a partir de seleção em populações de genótipos melhorados, tais como BRS 6 Chuí, BRS Ligeirinho e BRS Pelota que originam-se de seleções em BR IRGA 410, como também BR IRGA 41 e BR IRGA 414 que foram selecionadas em plantas de BR IRGA 409 (Rangel et al. 1996; EMBRAPA, 2005).

As cultivares SCS 115 CL, SCS 117 CL, BRS Sinuelo CL e IRGA 422 CL possuem em sua composição genética alelos do genótipo AS 3510 que conferem tolerância a herbicidas do grupo das imidazolinonas, utilizados principalmente para o controle do arroz vermelho, que é considerado planta invasora para as lavouras de arroz irrigado (Magalhães Júnior et al. 2010).

A utilização de genótipos promissores na composição de vários cruzamentos é prática comum aos programas de melhoramento do arroz irrigado, por possibilitar a obtenção de progênies com melhores características agrônômicas em um menor período de tempo. No entanto, essa prática resulta no estreitamento da base genética, o que pode acarretar a vulnerabilidade das cultivares à incidência de estresses bióticos e abióticos (Nass et al. 2012).

Analisando-se os genótipos utilizados nos cruzamentos precursores das cultivares brasileiras de arroz irrigado, fica evidente a importância das atividades de intercâmbio de germoplasma entre os centros de pesquisas do Brasil e instituições internacionais. As maiores contribuições são atribuídas ao *International Rice Research Institute* (IRRI), ao Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), *Institute for Research in Tropical Agriculture* (IRAT), este último atualmente denominado *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement* (CIRAD) (Châteal e Guimarães, 2002). Cultivares americanas, como Dawn, Blue Rose, Zenith, Belle Patna e Century Patna, também contribuíram significativamente para a formação das cultivares brasileiras.

Observou-se que o uso de raças locais e acessos de germoplasma nas últimas décadas foi restrito. A subutilização de novas fontes de variabilidade decorre, dentre outros fatores, da falta de informações e descrição dos acessos dos Bancos Ativos de Germoplasma (BAG), da falta de adaptabilidade e dificuldades de hibridação com genótipos exóticos e melhorados (Nass et al. 2012). Além disso, muitos acessos selvagens possuem características agrônômicas indesejáveis, e que por tal razão são preteridos pelos melhoristas. Apesar das dificuldades decorridas da utilização de variedades locais, raças crioulas e espécies silvestres, a inserção destes nos programas de melhoramento é fundamental para preservação dos recursos genéticos e ampliação da variabilidade, necessários para a continuidade dos avanços obtidos pela seleção de genótipos superiores (Rangel et al. 1996; Mariante et al. 2009; Cordeiro e Medeiros, 2010b; Nass et al. 2012).

Apesar de serem conhecidas metodologias modernas desenvolvidas para se estimar a divergência genética, ainda não há um consenso sobre qual destas é a mais adequada. Gopal e Oyama (2005) indicam que, diferentemente dos métodos biotecnológicos, a escolha de genitores divergentes com base em informações genealógicas constitui-se como um método eficaz, por estas não serem influenciadas por fatores ambientais ou problemas relacionados com a metodologia utilizada. Os mesmos autores ressaltam ainda que técnicas baseadas em marcadores de DNA ou isoenzimas baseiam-se na amostragem de parte do conjunto gênico total, não representando assim a composição genética por completo. Sendo assim, a escolha de genitores com base nas genealogias pode ser adotada pelos programas de melhoramento genético, uma vez que é uma metodologia simples, de fácil implementação e baixo custo.

Tabela 1. Abreviações das denominações dos ancestrais utilizados na construção das genealogias.

Abreviação	Designação
DGWG	Dee Geo Woo Gen
KDM 105	Khao Dawk Mali 105
IGT	I Geo Tze
TN 1	Taichung Native 1
MCVA	Mong Ching Vang A
IR	Genótipos oriundos do <i>International Rice Research Institute</i> (IRRI)
P	Genótipos oriundos do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
CNA	Genótipos oriundos da EMBRAPA (Empresa de Pesquisa Agropecuária)

Tabela 2. Relação dos nomes comerciais e dos anos de lançamento das principais cultivares de arroz irrigado liberadas comercialmente no Brasil no período de 1965 a 2012.

Cultivares	Ano de lançamento	Cultivares	Ano de lançamento	Cultivares	Ano de lançamento	Cultivares	Ano de Lançamento
Bluebelle	1965	MG 2	1985	Capivari	1994	BRS Jaburu	2001
EEA 406	1966	BR IRGA 412	1986	PESAGRO 107	1994	IAC 500	2001
Belle Patna	1970	BR IRGA 413	1986	Sapucaí	1994	Qualimax 13	2001
Dawn	1970	BR IRGA 414	1987	EPAGRI 107	1994	BRS Ourominas	2001
Le Bonnet	1970	CICA 8	1987	PESAGRO 106	1994	SCS BRS 111	2002
CICA 4	1973	EMPASC 105	1987	Urucuia	1994	SCS BRS Tio Taka	2002
IR 8	1973	EPEAL 101	1987	BRS Ligeirinho	1995	IRGA 422 CI	2002
Bluebonnet	1974	EPEAL 102	1987	Diamante	1995	IAC 600	2004
Bluebonnet 50	1974	Metica 1	1987	EPAGRI 108	1995	BRSMG Seleta	2004
IRGA 408	1975	El Paso 144	1988	IRGA 417	1995	BRS Alvorada	2005
CICA 7	1976	IAC 238	1988	Mucuri	1995	BRS Fronteira	2005
IAC 899	1978	IAC 242	1988	Roraima	1995	BRS Querência	2005
BR IRGA 409	1979	PESAGRO 104	1988	Samburá	1995	BRSGO Guará	2005
BR IRGA 410	1980	PESAGRO 105	1988	EPAGRI 109	1996	IAC 105	2005
EMPASC 100	1980	BR/MS 1	1989	BRS Formoso	1997	IAC 400	2005
EMPASC 101	1980	BR/MS 2	1989	Jequitibá	1997	SCS 114 Andosan	2005
EMPASC 102	1980	Franciscano	1989	BRS Bojuru	1997	IAC 106	2006
EMPASC 103	1981	Pericumã	1989	IAC 104	1998	IRGA 424	2007
IAC 1278	1982	Aliança	1990	IRGA 418	1999	SCS 115 CI	2007
IAC 4440	1982	Curumim	1990	IRGA 419	1999	BRS Jaçanã	2007
Oryzica 1	1982	BR IPA Moxotó	1991	BR IRGA 420	1999	BRSMG Predileta	2007
CICA 9	1983	BRS 6 Chuí	1991	Rio Grande	1999	IRGA 423	2007
PESAGRO 101	1983	IAC 100	1991	BRS Atalanta	1999	SCS 117 CI	2008
PESAGRO 102	1983	IAC 101	1991	BRS Firmeza	1999	BRS Tropical	2009
PESAGRO 103	1983	INCA	1991	BRS Pelota	2000	IAC 300	2009
BR IRGA 411	1985	IRGA 416	1991	IRGA 421	2000	BRS Pampa	2011
BR3 Caeté	1985	EPAGRI 106	1992	SCS 112	2000	IRGA 425	2011
EMPASC 104	1985	IAPAR 58	1992	SCS Pantaneira	2000	BRS Sinuelo	2012
MG 1	1985	Javaé	1993	BRS Biguá	2001	IAS 12-9 Formosa	-

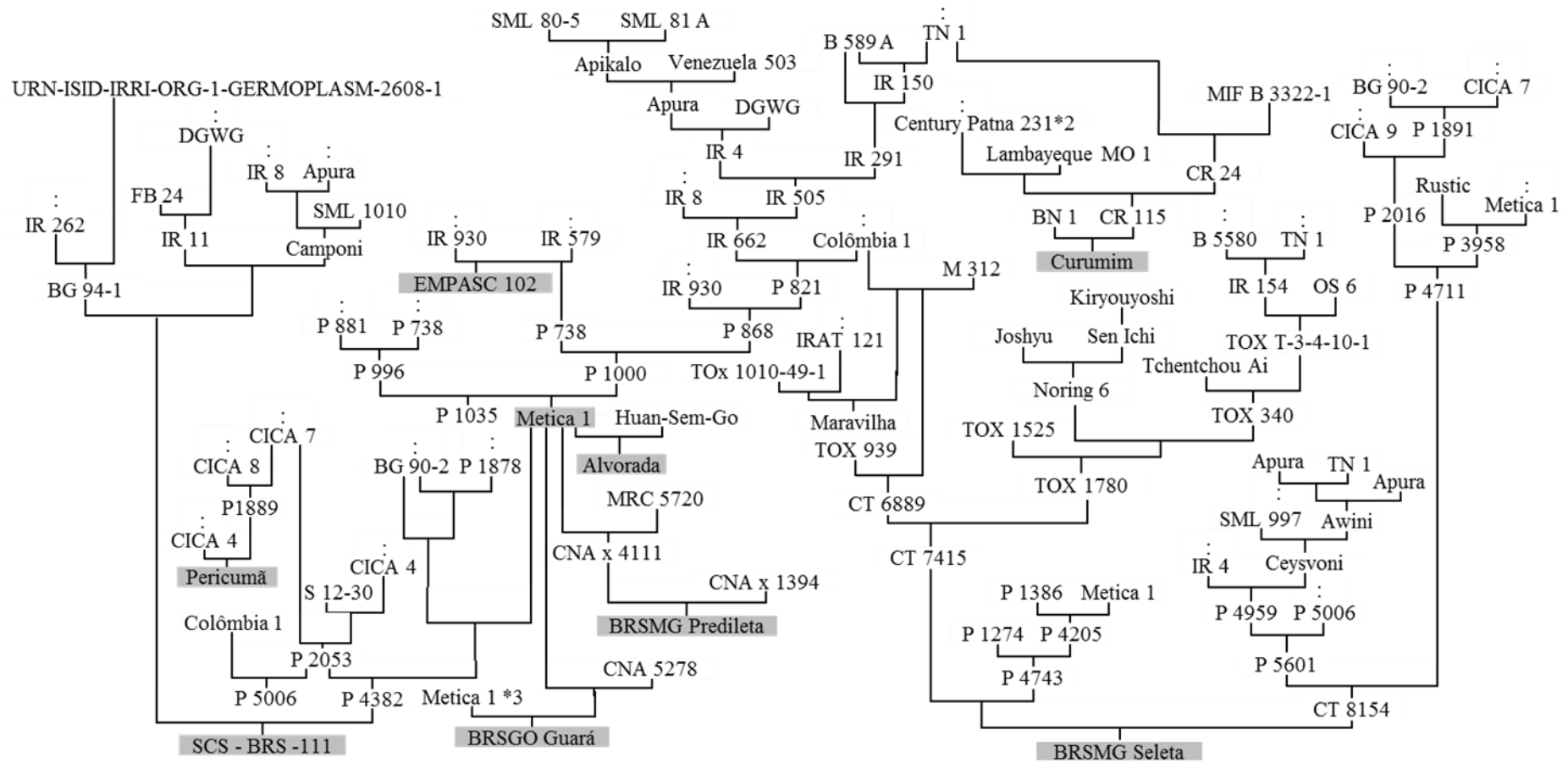


Figura 1c. Genealogia das cultivares brasileiras de arroz irrigado liberadas comercialmente no período de 1965 a 2012.

Referências

- CIAT (2005) CIAT rice varieties released in latin america and the caribbean. http://www.ciat.cgiar.org/ourprograms/Agrobiodiversity/rice/Documents/rice_varieties_lac.pdf. Acessado 20 abril 2012.
- Châteal M, Guimarães EP (2002) International partnership for rice improvement in Latin America: CIRAD, a case study. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 2:639-648.
- CONAB (2012) Estudos de prospecção de mercado, safra 2012/2013. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_11_16_41_03_prospeccao_12_13.pdf. Acessado 19 novembro 2012.
- CONAB (2012) Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, maio 2012. CONAB, Brasília.
- Cordeiro ACC, Medeiros RD (2010a) BRS Jaçanã e BRS Tropical: cultivares de arroz irrigado para os sistemas de produção de arroz em várzea de Roraima. *Revista Agro@mbiente On-line, Roraima* 4:67-73.
- Cordeiro ACC, Medeiros RD (2010b) Desempenho produtivo de genótipos de arroz oriundos de hibridação interespecífica entre *Oryza sativa* e *Oryza glumaepatula*, em várzea de Roraima. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento* 5:1-10.
- Cui Z, Carter Júnior TE, Burton JW (2000) Genetic base of 651 chinese soybean cultivars released during 1923 to 1995. *Crop Science* 40:1780-1793.
- Cutrim VA, Rangel PHN (2002) BRS Jaburu - Irrigated rice cultivar for the states of Goiás and Tocantins. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 2:479-480.
- Dilday RH (1990) Contribution of ancestral lines in the development of new cultivars of rice. *Crop Science* 30:905-911.
- EMBRAPA (2005) Cultivo do arroz irrigado no Brasil. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap05.htm>. Acessado 04 outubro 2012.
- Gopal J, Oyama K (2005) Genetic base of Indian potato selections as revealed by pedigree analysis. *Euphytica* 142:23-31.
- IRRI (1985) Parentage of IRRI of crosses IR 1-IR 50,000. IRRI, Manila.
- IRRI (1998) INGER-derived rice varieties directly released in various countries. IRRI, Los Baños.
- Lopes MA, Faleiro FG, Ferreira ME, Lopes DB, Vivian R, Boiteux LS (2012) Embrapa's contribution to the development of new plant varieties and their impact on Brazilian agriculture. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 12:31-46.
- Magalhães Júnior AM, Fagundes PRR, Franco D, Andres A, Rangel PHN, Moraes OP, Moura Neto F, Severo ACM (2010) BRS Sinuelo CL: cultivar de arroz irrigado para o sistema Clearfield®. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 8p.

Mariante AS, Sampaio MJA, Inglis MCV (2009) The state of Brazil's plant genetic resources. Embrapa Technological Information, Brasília.

Montalván R, Destro D, Silva EF, Montañó DC (1998) Genetic base of Brazilian upland rice cultivars. *Journal of Genetics & Breeding* 53:203-209.

Nass LL, Sigrist MS, Ribeiro CSC, Reifschneider FJB (2012) Genetic resources: the basis for sustainable and competitive plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 12:75-86.

Rangel PHN, Pereira JA, Barros JCL, Melo PCS, Soares DM, Cutrim VA, Fonseca JR, Mendonça JA, Santiago CA (2006) BRS Alvorada e SCSBRS Tio Taka: novas cultivares de arroz de várzea para a região Nordeste do Brasil. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás.

Rangel PHN, Guimarães EP, Neves PCF (1996) Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 31:349-357.

Silva, EF, Montalván R, Ando A (1999) Genealogia dos cultivares brasileiros de arroz-de-sequeiro. *Bragantia* 58:281-286.

Soares AA, Soares PC, Castro EM, Morais OP, Rangel PHN, Reis MS (2004) Melhoramento genético de arroz em Minas Gerais. *Informe Agropecuário* 25:19-23.

NORMAS PARA SUBMISSÃO DE PERIÓDICOS NA REVISTA EUPHYTICA



Euphytica

International Journal of Plant Breeding

Editor-in-Chief: Richard G.F. Visser

ISSN: 0014-2336 (print version)

ISSN: 1573-5060 (electronic version)

Journal n°. 10681

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title

- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

Scientific Style

Please always use internationally accepted signs and symbols for units, SI units.

Nomenclature: Insofar as possible, authors should use systematic names similar to those used by Chemical Abstract Service or IUPAC.

Genus and species names should be in italics.

Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.:

- Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities
- Roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)
- Bold for vectors, tensors, and matrices.

References

Citation

- Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples: Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

➤ Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

➤ Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

➤ Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

➤ Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

➤ Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

➤ Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word

Abbreviations, see

www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php

Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.

- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

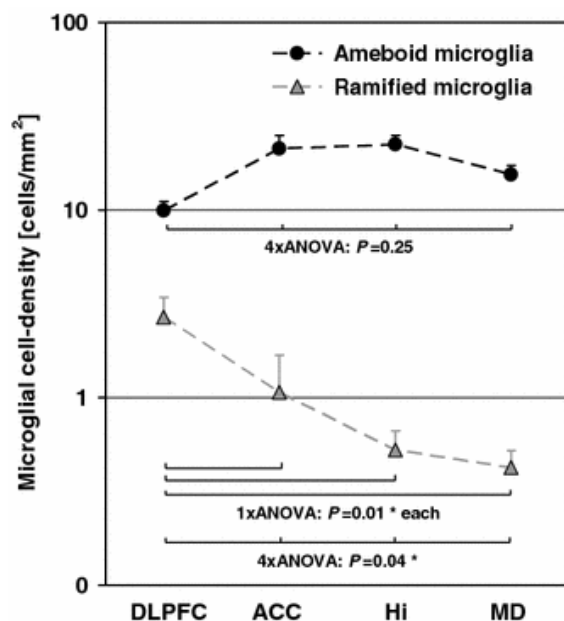
Artwork and illustrations guidelines

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

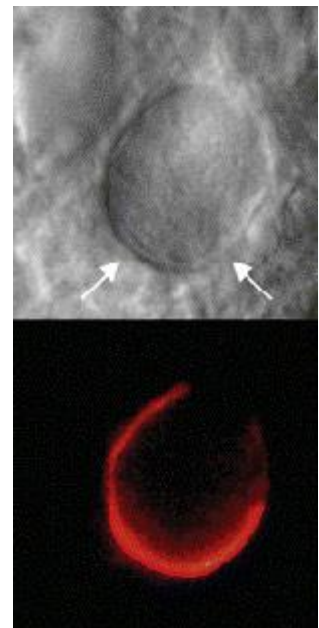
Line Art

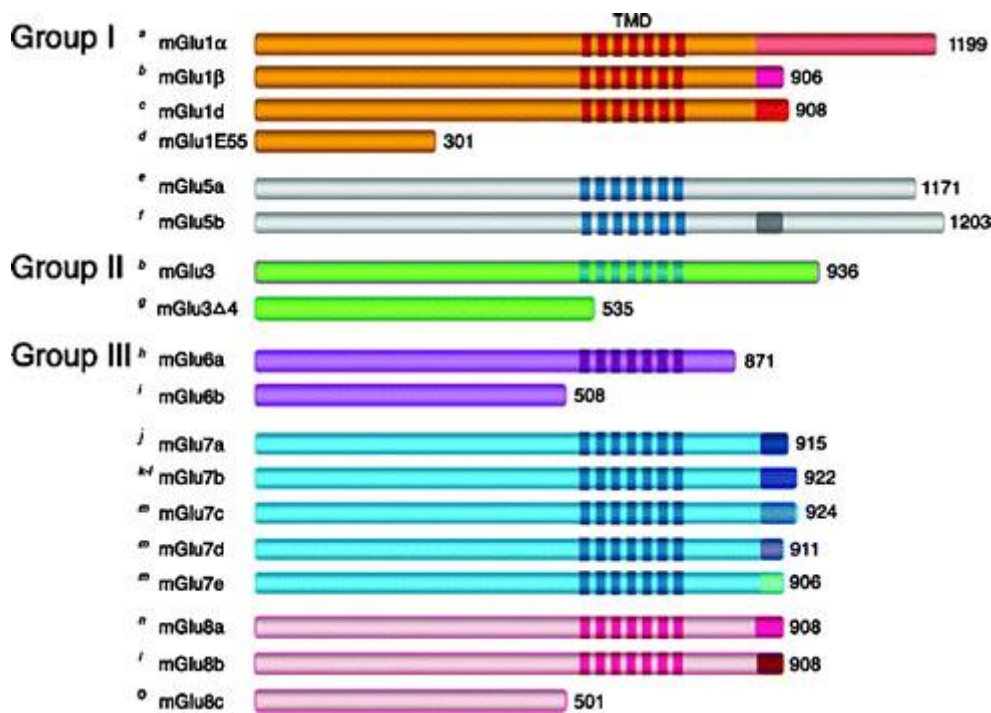


- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading,
- etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.





- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

- In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that
- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Electronic supplementary material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

- In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that
- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer’s web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

Springer Open Choice

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.