

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



**Tese**

**Recursos genéticos de arroz (*Oryza sativa* L.)  
no Sul do Brasil**

**Ariano Martins de Magalhães Júnior**

Pelotas, 2007

**Ariano Martins de Magalhães Júnior**  
**Engenheiro Agrônomo (UFPeI/FAEM)**

**Recursos genéticos de arroz (*Oryza sativa* L.) no Sul do Brasil**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Fitomelhoramento).

Orientador: Antônio Costa de Oliveira

Co-orientador: Fernando Irajá Félix de Carvalho

Co-orientadora: Rosa Lia Barbieri

Pelotas, 2007

**Banca Examinadora:**

Prof. Ph.D. Fernando Irajá Félix de Carvalho - FAEM/UFPeI (presidente)

Pesquisadora Dr<sup>a</sup>. Rosa Lia Barberi – Embrapa Clima Temperado

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Beatriz Helena Gomes Rocha – IB/UFPeI

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Bicca Dode – UCPeI

Prof<sup>o</sup> Dr. Luiz Osmar Braga Schuch – FAEM/UFPeI

A minha esposa e companheira Fernanda Pizarro de Magalhães e aos meus filhos queridos Bernardo e Eduarda, que foram o combustível diário capaz de alimentar meu coração e meu espírito, com muito amor, alegria e apoio em todos os momentos; aos meus pais Ariano Martins de Magalhães (*in memoriam*) e Ieda Louzada de Magalhães que me deram a luz, o amor, a educação e os ensinamentos fundamentais para a formação de meu caráter e que se dedicaram ao extremo para ver a minha felicidade.

A Deus, pelo amparo, luz e proteção, principalmente nos momentos mais difíceis, dando-me saúde para lutar e forças para vencer.

**Dedico.**

## **Agradecimentos**

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado da Embrapa, em especial a Chefia Geral, Dr. João Carlos Costa Gomes e Chefia de P&D, Dr. Waldyr Stumpf pela oportunidade concedida ao aprimoramento profissional e realização dos trabalhos, disponibilizando a infra-estrutura e mão-de-obra.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia 'Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas – FAEM-UFPel, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão da Embrapa, em especial aos pesquisadores Paulo H. Rangel, Orlando P. de Moraes, Péricles Neves, Jaime Fonseca e Cláudio Brondani, por alguns genótipos liberados e pelas consultas realizadas.

Aos co-orientadores professor Dr. Fernando Irajá Felix Carvalho do Fitomelhoramento/FAEM e a pesquisadora Dr<sup>a</sup> Rosa Lia Barbieri, pelos conhecimentos transmitidos, idéias e sugestões sempre oportunas, e pela amizade.

Aos colegas e amigos do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, que transformaram o ambiente de estudo em agradáveis momentos de crescimento profissional Adriana Bresolin, Albina P. Bernades, Andreza F. Martins, Claudete Mistura, Clause F.B. Piana, Cyrano Busato, Daniel A.R. Fonseca, Daniel Farias, Denise Collares, Douglas A.M. Schmidt, Eduardo A. Vieira, Emilia Malone, Fabrício Ribeiro, Giovani Benin, Guilherme Ribeiro, Gustavo da Silveira, Henrique Moliterno, Igor P. Valério, Igor Tonin, Irineu Hartwig, Ivandro Bertran, Jefferson L.M. Coimbra, José A.G. Silva, Juliana S.C. Branco, Laerte R. Terres, Lílian Tunes, Luciano Maia, Luiz A.T. Mattos, Maicon R.Corrêa, Maicon D.S. Otto, Marcos Carvalho, Maurício

Köpp, Renata J. Ahlert, Roberto F. Neto, Taciane Finato, Vanessa Silva, Vagner K. Behling, Velci Queiros, Viviane Luz.

Aos funcionários do Centro de Genômica e Fitomelhoramento Graciele Pucinelli, Marici A.P. Fagonde, Jorge L. Costa e Silvisnei C. Silva e as secretárias do Programa de Pós-graduação em Agronomia Madelon S. Lopes e Rita P. Fagonde, pela amizade e constante auxílio prestado.

Aos colegas e amigos da Embrapa Clima Temperado que auxiliaram na realização deste trabalho, em especial ao grupo de pesquisa de arroz irrigado, André Andres, Algenor Gomes, Cley D. Nunes, Daniel Franco, Francisco Vernetti Jr., Giovani Theisen, Isabel Azambuja, José A. Petrini, José F. Martins, Paulo Fagundes, Walkyria Scivittaro, Alcides Severo, Rodrigo Soares, Leonardo Canabarro, Rafael Kabke e Franciele Avone.

Ao meu orientador Antônio Costa de Oliveira, pela amizade, experiência, conhecimento transmitido, dedicação e por depositar em mim sua confiança.

**Meu especial agradecimento.**

## Resumo

MAGALHÃES JÚNIOR, ARIANO MARTINS de. **Recursos genéticos de arroz (*Oryza sativa* L.) no sul do Brasil**. 2007. 160f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A ampla adaptabilidade do arroz, aliada ao continuado esforço da pesquisa no mundo, assegura que o seu grão permaneça sendo um importante produto de consumo pelo homem. A influência da seleção natural resultou em uma ampla diversidade encontrada no gênero *Oryza*, que, atualmente, é composta por 23 espécies. No entanto, apenas *O. sativa* L. (arroz cultivado asiático) e *O. glaberrima* (arroz cultivado africano) vem sendo exploradas na alimentação humana, portanto, sob forte efeito da seleção artificial. O processo de domesticação do arroz resultou na seleção de caracteres agrônômicos importantes para o melhor desempenho das plantas em determinado ambiente. Isto resultou no chamado “efeito de afinamento” em termos de diversidade genética, ou seja, a partir de um “background” genético bastante rico, alguns grupos de genes de interesse vão sendo mantidos na população e outros eliminados. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi ampliar a base genética do arroz no Sul do Brasil, através de coletas e introduções, caracterização dos acessos e estudo da distância genética existente entre eles. Os resultados revelaram um número limitado de coletas de genótipos de arroz no Rio Grande do Sul, sendo esta, basicamente, restrita a pequenos produtores que ainda mantém genótipos antigos para sua subsistência. Grande área do Estado é cultivada com variedades modernas do tipo filipina. No entanto, os genótipos resgatados apresentaram variabilidade genética para um grande número de caracteres avaliados, podendo servir como fonte de genes aos programas de melhoramento genético da cultura. Os descritores utilizados na análise multivariada foram eficientes para separar os acessos coletados, identificar duplicações na coleção, bem como na fenotipagem da coleção. O método de estimativa da distância genética utilizado, baseado na matriz de distâncias de Mahalanobis (D2), indicou um agrupamento das cultivares lançadas pela Embrapa Clima Temperado, sendo revelada pouca variabilidade genética entre estas. As matrizes de distância genética entre os genótipos com base nos caracteres qualitativos aferidos a campo, em casa-de-vegetação e a conjunta de ambos os ambientes, evidenciaram associação elevada entre si, indicando que possivelmente a avaliação destes caracteres poderá ser realizada efetivamente sob apenas um dos critérios. Esta mesma afirmativa foi observada para os caracteres quantitativos.

**Palavras-chave:** Dissimilaridade genética, descritores, coletas, melhoramento genético.

## Abstract

MAGALHÃES JÚNIOR, ARIANO MARTINS de. **Rice genetic resources (*Oryza sativa* L.) in southern Brazil**. 2007. 160f. Thesis (Doctorate) – Graduate Program in Agronomy. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The worldwide adaptability of rice, allied to constant research efforts, reassures its grain a place among the major staple foods for humankind. The influence of natural selection resulted in a wide diversity in the *Oryza* genus, which is currently composed by 23 species. On the other hand, only *O. sativa* L. (asian cultivated rice) and *O. glaberrima* (african cultivated rice) have been used for human consumption, therefore, subjected to artificial selection. The process of domestication in rice has selected important agronomic characters for better plant performance in specific environments, resulting in a bottleneck effect on the genetic diversity. This effect makes a change in the initial gene pool, keeping some selected genes and eliminating others. Thus, the objective of this work was to amplify the genetic basis of rice in southern Brazil, through collections and introductions, characterization of accessions and estimation of genetic distances between accessions. The results revealed a limited number of rice landraces in the state of Rio Grande do Sul. These landraces are found in small farms that still keep these genotypes for their own consumption. A large area of the state is cultivated with modern phillipine-type varieties. However, the rescued landrace genotypes present genetic variability for a large number of the evaluated characters, and may serve as source of genes for breeding programs. The descriptors used for the multivariate analysis were efficient to distinguish the collected accessions, to identify duplicated genotypes in the collection as well as for phenotyping the whole collection. The estimate of genetic distance was obtained using Mahalanobis ( $D^2$ ), distance, which indicated a tight clustering of cultivars released by Embrapa Temperate Climate. The genetic distance matrices based on field- and greenhouse-measured qualitative characters as well as on the joint analysis showed high degree of association, indicating that many characters can be selected based on only one of these criteria. Similar results were obtained for quantitative characters.

**Keywords:** Genetic dissimilarity, descriptors, collections, plant breeding.

## Sumário

	Pág.
Resumo.....	7
Abstract.....	8
Sumário.....	9
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	10
2. DIVERSIDADE GENÉTICA DO ARROZ ( <i>Oryza spp</i> ).....	17
2.1. INTRODUÇÃO.....	17
2.2. GENEALOGIA E TAXONOMIA.....	19
2.3. CENTROS DE ORIGEM DE DISPERSÃO.....	22
2.4. GENOMAS DESCRITOS.....	31
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
3. COLETA DE GERMOPLASMA DE ARROZ ( <i>Oryza sativa</i> L.) NO RIO GRANDE DO SUL.....	47
3.1. INTRODUÇÃO.....	47
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
3.4. CONCLUSÕES.....	62
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
4. FENOTIPAGEM DE GERMOPLASMA DE ARROZ ( <i>Oryza sativa</i> L.).....	78
4.1. INTRODUÇÃO.....	78
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	81
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
4.4. CONCLUSÕES.....	107
4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
5. DISTÂNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO EM EXPERIMENTOS CONDUZIDOS A CAMPO E EM CASA-DE-VEGETAÇÃO....	116
5.1. INTRODUÇÃO.....	116
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	120
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	123
5.4. CONCLUSÕES.....	135
5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136
6. DISCUSSÃO GERAL.....	146
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Introdução Geral e Discussão Geral)....	154
8. VITAE.....	160

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Ao longo da história, o arroz (*Oryza sativa* L.) tem sido um dos alimentos humano mais consumido no planeta. O cereal supre, no mínimo, metade da caloria energética da população mundial, principalmente para as populações pobres dos países de regiões tropicais e subtropicais, e dos chamados países emergentes ou em fase de desenvolvimento. A perspectiva de consumo é aumentar, devido ao crescimento demográfico mundial (Terres et al., 1998).

O arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando uma área aproximada de 148 milhões de hectares. O consumo médio individual de arroz é de 60 kg/pessoa/ano, sendo que os países asiáticos são os que apresentam as médias mais elevadas, situadas entre 100 e 150 kg/pessoa/ano, enquanto que na América Latina consomem-se em média 30 kg/pessoa/ano, destacando-se o Brasil como um grande consumidor (45 kg/pessoa/ano) (Gomes & Magalhães, 2004).

Nas últimas quatro décadas, a produção mundial de arroz mais do que duplicou, passando de 257 milhões de toneladas, em 1965, para 600 milhões, em 2000. Porém, o índice de crescimento de produção de arroz está diminuindo ao longo dos anos e se essa tendência não for revertida, uma

severa falta de alimentos ocorrerá neste novo século. Estima-se que haverá uma demanda de consumo de arroz para o ano 2020 de cerca de 900 milhões de toneladas. É pouco provável que ocorra aumento significativo na área plantada com arroz, dada a estabilidade observada em nível mundial, desde 1980 (Magalhães Jr. et al., 2003).

No Brasil, a área total cultivada com arroz tem sido de aproximadamente 3,5 milhões de ha, com uma produção total de 11,5 milhões de toneladas. Do total de arroz produzido, 60% é oriundo do sistema de cultivo de várzea e 40% de terras altas.

O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado do Brasil, com uma área cultivada de cerca de um milhão de hectares e uma produção de 6,3 milhões de toneladas, correspondendo a aproximadamente metade da produção nacional.

O Estado de Mato Grosso, onde o cultivo do arroz é feito sob condições de terras altas, é o segundo maior produtor, com uma área estimada de 436 mil hectares e uma produção de aproximadamente 1 milhão e 200 mil toneladas, seguido por Santa Catarina, Maranhão, Pará e Tocantins (LSPA, 2004).

A ampla adaptabilidade do arroz, aliada à sua habilidade de produzir bem nas mais variadas regiões e ao continuado esforço da pesquisa no mundo, assegura que o seu grão permaneça sendo um importante produto de consumo pelo homem. As influências combinadas da natureza, da seleção humana, da diversificação edafoclimática e de práticas culturais variadas permitiram uma ampla diversidade de ecótipos, atualmente encontrada no gênero *Oryza*.

*Oryza* é atualmente composto por 23 espécies (Vaughan & Chang, 1995), com destaque para duas espécies cultivadas: *O. glaberrima* Steud. (arroz cultivado africano), e *O. sativa* (arroz cultivado asiático), que é a mais conhecida por sua importância na alimentação humana.

A domesticação de plantas silvestres eliminou diversas características que impediam a utilização dessas espécies na agricultura. Entretanto, esse processo também tornou os vegetais cultivados mais susceptíveis às pragas e às doenças. O melhoramento genético clássico foi o responsável pelo aumento espetacular da produtividade das espécies cultivadas.

A evolução, aliada à implementação de práticas agrícolas eficientes, permitiu que a produção mundial de arroz triplicasse nas três últimas décadas. Se o aumento da produtividade fosse mantido no mesmo ritmo, a produção global desse cereal seria suficiente para alimentar uma população estimada a atingir 8 bilhões de habitantes nos próximos 50 anos. Entretanto, o melhoramento clássico não consegue mais responder sozinho a essa demanda crescente de produtividade.

Atualmente, o arroz é cultivado em um décimo das terras aráveis. No entanto, 30% delas contêm níveis elevados de salinidade, outros 20% estão periodicamente sujeitos à seca e 10% sujeitos a baixas temperaturas. Além disso, o arroz também é vulnerável ao ataque de insetos, fungos, bactérias e vírus. Todas essas formas de estresse comprometem o desenvolvimento e a produtividade (Margis, 2005).

Um dos principais objetivos de qualquer programa de melhoramento genético é desenvolver genótipos mais produtivos, com resistência a fatores bióticos e abióticos e, desta forma, incrementar a produção. Para isto, a rotina

dos melhoristas de plantas consiste em criar e ampliar variabilidade, selecionar genótipos desejáveis e testá-los em diferentes ambientes, para um ajuste que permita a expressão máxima do seu potencial. Assim, o melhoramento genético tem desempenhado um importante papel no progresso do arroz, pois possibilita aos agricultores o cultivo de constituições genéticas de alto potencial produtivo e com caracteres agrônômicos de interesse na cadeia produtiva (Bertan, 2005)

Os programas tradicionais de melhoramento genético de arroz irrigado utilizam métodos que maximizam a endogamia. No procedimento normal, o incremento da endogamia pelo avanço das gerações segregantes através de autofecundações leva a uma redução drástica nas oportunidades de recombinação favoráveis, uma vez que com alelos idênticos em um mesmo loco, os processos de intercruzamento não são efetivos para a produção de novas combinações gênicas. Assim, os métodos tradicionais utilizados nos programas de melhoramento de arroz, em especial o genealógico, restringem a obtenção de novas combinações favoráveis de genes (Martinez et al., 1997).

Segundo Jensen (1970) e Canci et al. (1997), nos sistemas convencionais de melhoramento de espécies autógamas, a utilização de um número limitado de pais resulta na formação de um “pool” gênico pequeno, podendo contribuir para a eliminação de genes importantes. A principal consequência da limitação da variabilidade genética é a redução da possibilidade de ganhos adicionais na seleção devido ao pequeno tamanho do conjunto gênico explorado (Hanson, 1959).

O processo de domesticação de uma planta resulta na seleção de características importantes para a sobrevivência da população nas condições

em que está sendo trabalhada. Isto resulta no chamado “efeito de afunilamento” em termos de diversidade genética, ou seja, a partir de um “background” genético bastante rico, alguns grupos de genes de interesse vão sendo mantidos na população e outros eliminados.

O potencial médio de produtividade das atuais cultivares de arroz irrigado, de porte semi-anão, é cerca de 10 t/ha. Incrementos significativos no potencial de produtividade das plantas cultivadas foram, de uma maneira geral, obtidos através de modificações no tipo de planta. Uma nova arquitetura de planta permitiu que o potencial de produtividade do arroz duplicasse no final da década de 70, com os lançamentos das cultivares BR IRGA 409 e BR IRGA 410, no Rio Grande do Sul. Esse tipo de planta caracteriza-se pela baixa estatura, alto perfilhamento, colmos fortes e folhas eretas e verde-escuras, características estas extremamente efetivas no aumento da produtividade das áreas cultivadas com arroz. Atualmente, mais de 60% da área mundial é coberta por cultivares semi-anãs (Magalhães Jr. et al, 2003).

Após o grande impacto da substituição das cultivares tradicionais pelas variedades modernas de porte baixo, uma estagnação dos patamares de produtividade do arroz irrigado vem sendo observada desde o final da década de 1980 (Castro et al., 1999). Estudos conduzidos por Peng et al. (1999) no International Rice Research Institute (IRRI), demonstraram que, efetivamente, o potencial de rendimento das novas cultivares índicas melhoradas permanece o mesmo, nos 30 anos após a liberação da cultivar IR8. Além disso, a limitada distância genética torna-as mais vulneráveis a epidemias de pragas e doenças e dificulta o estabelecimento de um programa de melhoramento genético sustentável. De acordo com Rangel et al. (1996), no Brasil apenas sete

ancestrais são responsáveis por 70% da composição gênica das cultivares nos principais estados produtores. No Rio Grande do Sul, até meados da década de 90, apenas seis ancestrais contribuem com 86% dos genes das variedades mais plantadas. Esta situação de alta uniformidade genética pode trazer sérias conseqüências não só à orizicultura gaúcha, mas também à produção brasileira de arroz.

Durante os últimos anos ocorreram somente incrementos marginais no potencial de produtividade do arroz. É provável que a estreita base genética das populações utilizadas nos programas de melhoramento venha contribuindo para o estabelecimento de patamares de produtividade. A principal conseqüência da limitação da variabilidade genética é a redução das possibilidades de ganhos adicionais na seleção. O abandono de variedades tradicionalmente cultivadas em favor de cultivares mais amplamente adaptados é a causa principal da erosão de recursos genéticos (Magalhães et al., 2005).

Assim sendo, o resgate de genótipos antigos utilizados em cultivo no Rio Grande do Sul, sua caracterização e conservação para utilização em programas de melhoramento genético poderão contribuir para ampliar a base genética da cultura.

Os estudos de distância genética têm sido de grande importância em programas de melhoramento que envolvem hibridações, por fornecerem parâmetros para a identificação de genitores que possibilitem grande efeito heterótico na progênie e maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas gerações segregantes (Cruz & Regazzi, 2001). Tal expectativa decorre do fato que, segundo Falconer (1981), a heterose e a capacidade específica de

combinação entre dois genitores dependem da existência de dominância no controle do caráter e da presença de variabilidade genética entre os genitores.

O emprego de caracteres morfológicos em estudos de distância genética é um dos procedimentos mais utilizados pelos melhoristas de plantas, pelo fato de que as informações morfológicas dos genótipos utilizados pelos programas de melhoramento são continuamente obtidas nos testes para caracterização e avaliação da adaptabilidade, estabilidade e potencial de produtividade. Com essas informações é possível estimar a distância genética entre os genótipos disponíveis para melhoramento, sendo muito empregado como subsídio na escolha das combinações híbridas mais promissoras, capazes de gerar recombinantes com variabilidade superior (Bertan, 2005).

Os objetivos deste trabalho foram ampliar a coleção de genótipos de arroz no Sul do Brasil, através de coletas e introduções, caracterizar os acessos e estudar a distância genética existente entre eles.

## 2. CAPÍTULO I

### DIVERSIDADE GENÉTICA DO ARROZ (*Oryza spp.*)

#### 2.1 INTRODUÇÃO

O termo biodiversidade foi adotado no final da década de 80 e define variações em todos os níveis de organização entre organismos (Wilson, 1997). O estudo de biodiversidade é, portanto, extremamente complexo. Do ponto de vista genético, envolve considerações que incluem o estudo de sequências de DNA, muitas delas sem efeito na expressão gênica, analisando a estrutura do genoma; o estudo de genes com valor adaptativo, analisando regiões genômicas codificantes; o estudo de diferenças e similaridades entre indivíduos de uma mesma espécie, o estudo de espécies e especiação, bem como das interações entre organismos que compõem comunidades (FAT, 2005).

É estimado algo em torno de 5 a 30 milhões de espécies no planeta, sendo que até o momento somente 1,4 milhão de espécies foram catalogadas (Wilson, 1997). Aproximadamente 260.000 espécies de plantas foram descritas até o momento, mas somente algo em torno de 30 espécies são usadas em

maior escala para consumo humano. Destas, somente os cereais arroz, milho e trigo respondem por 70% do consumo mundial diário de alimentos. Ou seja, usa-se em escala comercial ou para fins de subsistência uma fração mínima da diversidade biológica existente.

Aproximadamente 230.000 acessos de arroz (*Oryza* spp) estão preservados em Bancos de Germoplasma no mundo inteiro. A base genética do melhoramento da cultura é, no entanto, extremamente estreita. Não se sabe com exatidão o número de cultivares de arroz existente no mundo, porém é estimado que haja mais de 140.000 variedades lançadas (IRRI, 2005).

A maior coleção encontra-se no “International Rice Research Institute” (IRRI), nas Filipinas, onde desde 1962 se têm relatos de coleta, conservação e caracterização de acessos de arroz. O “Internacional Rice Genebank” (IRG), construído em 1977, consta atualmente com cerca de 107.000 acessos (IRRI, 2005).

Na América Latina, o número de variedades de arroz utilizadas em programas de melhoramento era limitado, há pouco tempo, a 12 acessos (FAT, 2005). No Brasil, onde o arroz irrigado responde por cerca de 50% da produção nacional, a base genética dos programas de melhoramento, há pouco tempo, estava resumida a 7 variedades (Rangel et al., 1996).

A coleção de germoplasma do gênero *Oryza*, em nível mundial, iniciou no final da década de 50. No início dos anos 70, esforços internacionais de coleta de germoplasma de arroz selvagem resultaram no aumento de “pool” gênico, sendo responsável pela chamada “Revolução Verde” do arroz (Vaughan et al., 2003).

No Brasil, o arroz é uma das espécies, em pesquisa, mais intercambiadas (Freire et al., 1999), sendo introduzido de diversas regiões do mundo, com destaque para o IRRI, e para o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia.

## 2.2 GENEALOGIA E TAXONOMIA

O arroz pertence à divisão Angiosperma, classe das monocotiledôneas (plantas que possuem um único embrião e um só cotilédone), ordem Glumiflora, família Poaceae (anteriormente denominada Gramineae), subfamília Bambusoideae ou Oryzoideae (definida mais tarde), tribo Oryzea, e gênero *Oryza* (Botelho, 1914). É uma planta anual ou perene, podendo se desenvolver em condições de solo alagado ou seco (Magalhães Jr. et al., 2004). As gramíneas, provavelmente, surgiram na era Mesozóica e evidências circunstanciais sugerem que tenha sido em clima tropical e, a partir de então, diversas linhas evoluíram e adaptaram-se a vários habitats.

As tribos de gramíneas atuais parecem ter evoluído a partir de um ancestral com  $x=6$ , em mais de uma ocasião e em diferentes linhas, provocado pela redução, supressão e modificação de cromossomos. Evidências sugerem que existam diferentes caminhos evolutivos para essas tribos. A linha bambusóide, formada pela tribo Oryzeae, possui cromossomos de tamanho médio a pequeno, com  $x=12$ , provavelmente derivados por duplicação cromossômica de gramíneas ancestrais do número básico  $x=6$  (Terres et al., 1998). O grande número de cromossomos de tamanho pequeno é uma

característica considerada primitiva pelos citogeneticistas. Uma análise numérica taxonômica da família das gramíneas, que provavelmente reflete relações evolutivas, mostra a associação entre o arroz e o bambu, e uma divergência do arroz para outros cereais, sendo a hibridação entre eles extremamente dificultada.

Taxonomicamente, o arroz engloba duas tribos de importância alimentar, que são a *Zizaniae* e *Oryzae*. *Zizaniae* inclui os gêneros *Zizaniopsis* e *Zizania*, sendo este último o mais conhecido, apresentando relação de parentesco com *Oryza*, gênero do arroz cultivado. Designado pelos norte-americanos como “wild rice” (arroz selvagem), o gênero *Zizania* (Figura 1) reúne cerca de quatro espécies, merecendo destaque *Z. aquatica*, comumente encontradas em regiões alagadiças dos EUA, e *Z. latifolia* utilizada como verdura no leste da Ásia (Wet & Oelke, 1978; Oelke et al., 1997), todas elas com pequena expressão alimentar no mundo, mas que vêm ganhando importância na culinária exótica.

A tribo *Oryzae*, que contém o gênero *Oryza*, é atualmente composta por 23 espécies (Vaughan & Chang, 1995), com destaque para duas espécies cultivadas: *O. glaberrima* Steud. (arroz cultivado africano – Figura 2), e *O. sativa* L. (arroz cultivado asiático - Figura 3), que é a mais conhecida por sua importância na alimentação humana. Citogeneticamente, ambas são diplóides com número básico ( $x$ ) de 12 cromossomos ( $2n = 24$ , no tecido somático). Apesar da grande semelhança, existem diferenças entre seus genomas e, por isso, o da *O. sativa* é representado por AA e o da *O. glaberrima*, por AgAg. Embora possam apresentar cruzamento natural entre si (hibridação), dependendo da interação genótipo-ambiente, ambas as espécies são

predominantemente autógamas. A fecundação ocorre antes ou no momento da abertura das glumelas (lema e pálea), expondo o pistilo de estigma bifurcado, os estames e as anteras com o pólen (Terres et al, 1998).

O gênero *Oryza* foi assim denominado por Linnaeus em 1753. O número haplóide de cromossomos do arroz foi determinado por Kuwada em 1910, porém somente na década de 60 é que os caracteres que definiram o gênero foram estabelecidos (Tateoka, 1964). A Tabela 1 apresenta uma lista de espécies do gênero *Oryza* com seus respectivos números de cromossomos, genomas e habitat preferenciais.

As principais características morfológicas do gênero *Oryza* são a presença de glumas estéreis rudimentares, espiguetas bissexuais e as folhas estreitas, herbáceas com nervuras lineares e bordos serrilhados (Vaughan et al., 2003).

Botanicamente, este gênero se caracteriza por apresentar espiguetas conectadas à raquila e por conter uma única flor terminal fértil, composta de duas glumelas florais (pálea e lema), seis estames, um estigma bifido e duas glumelas estéreis localizadas na base da flor (Pereira, 2002).

A espécie *O. sativa* caracteriza-se botanicamente por apresentar ramificações secundárias nas panículas, espiguetas persistentes no pedicelo e língulas com até 10 mm de comprimento. Já a espécie *O. glaberrima* não apresenta ramificações secundárias nas panículas, e caracteriza-se por possuir glumas e folhas glabras a ligeiramente ásperas, pericarpo vermelho e língulas mais curtas do que *O. sativa* (Pereira, 2002).

### 2.3 CENTROS DE ORIGEM E DISPERSÃO

O gênero *Oryza* tem sua origem e distribuição em várias partes do mundo, tais como no continente asiático, onde são encontrados *O. sativa*, *O. granulata*, *O. meyeriana*, *O. nivara*, *O. rufipogon*, *O. minuta*, *O. rhizomatis*, entre outros; no continente africano, com destaque para *O. glaberrima*, *O. barthii*, *O. longistaminata*, *O. puctata*, *O. brachyantha*, entre outros; continente americano, onde encontra-se *O. glumaepatula*, *O. latifolia*, *O. alta*, *O. grandiglumis*; bem como no continente australiano, com destaque para *O. australiensis* e *O. meridionalis* (Vaughan & Chang, 1995).

A Tabela 2 apresenta, com destaque, espécies do gênero *Oryza*, sua provável origem e distribuição no mundo, e alguns dos principais atributos que podem ser utilizados como fontes de genes para os programas de melhoramento genético do arroz.

Muito pouco se conhece sobre as espécies silvestres de *Oryza*, principalmente aquelas nativas da América do Sul. Os poucos estudos realizados com espécies sul-americanas utilizaram um número limitado de acessos, restritos geograficamente à região de Manaus, na Amazônia. Recentemente, no entanto, expedições de coleta desenvolvidas em uma grande extensão de rios da Amazônia e do Pantanal Matogrossense recuperaram amostras populacionais de espécies silvestres de arroz nativas do Brasil (Buso, 2005).

Embora a identificação, caracterização e manutenção das diferentes espécies do gênero *Oryza* seja de fundamental importância, o destaque em

termos de importância alimentar mundial, atualmente, recai sobre as espécies *O. sativa* e *O. glaberrima*.

### **2.3.1. *Oryza sativa***

Postula-se que o arroz asiático (*Oryza sativa*) seja originário da Ásia, no entanto, não se sabe com precisão o país onde foi domesticada esta espécie, embora existam fortes evidências de que seu centro de origem seja o sudeste asiático, mais precisamente na região compreendida entre a Índia e Mianmar (antiga Birmânia), devido à rica diversidade de formas cultivadas deste arroz ali encontrada (Grist, 1978; Pereira, 2002). Segundo alguns historiadores, sua origem e domesticação deu-se provavelmente no sul da Índia, onde se encontram as condições de solos mais favoráveis para o seu cultivo. Escritos indianos de 1300 e 1000 anos a.C. descrevem certas práticas agronômicas, como o transplante, e exibem uma classificação agronômica e alimentícia do arroz.

Atualmente, é admitido que o arroz se propagou desde o sudeste asiático e a Índia, até a China, há cerca de 3000 anos a.C. Estudos informam que os mais antigos resquícios de grãos de arroz foram identificados na China, encontrados no vale do Rio Yang-Tsé-Kiang, e datados do período compreendido entre 3395 e 2000 a.C. (Chang, 1976). Isto não significa, no entanto, que seu cultivo não era praticado antes desta época (Pereira, 2002). Escavações realizadas em Pengtoushan, localidade situada a cerca de 200 km a nordeste de Changsha, na China, revelaram restos de arroz com 8.000 anos (National Geographic, 1994). Assim, considerando estes dados, é estimado

que o cultivo de arroz na China antecedeu em pelo menos 1000 anos o da Índia (Pereira, 2002).

Da China, o arroz foi introduzido na Coreia e, posteriormente, no Japão. É igualmente provável que, do sul da China, o arroz tenha sido introduzido nas Filipinas, onde é cultivado há 2000 anos. Paralelamente, através do sul da Índia, pela rota da Malásia, o arroz foi introduzido na Indonésia, onde documentos comprovam seu cultivo em 1800 anos a.C. Também a partir da Índia, o arroz chegou ao Ceilão, onde foi cultivado inicialmente no sistema de sequeiro.

A introdução de *O. sativa* na Ásia Ocidental e no Mediterrâneo é mais recente e ocorreu durante o Império Persa. Através da Pérsia, o seu principal ponto de expansão a oeste da Índia, o arroz chegou ao Turquistão e depois à Mesopotâmia e a Arábia (Silva, 1955). A continuação de sua implantação estendeu-se à Turquia e à Síria. A chegada deste cultivo na Grécia, Irã e Babilônia, segundo alguns historiadores, deu-se em consequência das invasões de Alexandre Magno, no ano 320 a.C.

A expansão do cultivo pelos árabes foi muito importante (Terres et al., 1998), sendo levado ao delta do Rio Nilo, no Egito, para a costa oriental africana, e, em seguida, para o Marrocos e a Espanha, de onde se espalhou para vários países vizinhos. Segundo Lu & Chang (1980), o arroz somente chegou à Espanha e à Sicília por volta de 883 d.C. Sevilha tornou-se o centro a partir do qual se disseminaria o arroz para o sul da Espanha, para a Itália e para Portugal. Posteriormente, foi introduzido na América pelos espanhóis e, no Brasil, pelos portugueses, no início do século XVI, onde se tornou um dos principais alimentos de consumo interno. Jennings (1961) relata que em 1580

já se cultivava arroz no Vale do Rio Madalena, na Colômbia, e que esta introdução teria sido realizada pelos espanhóis.

No Brasil, a presença do arroz remonta à época do descobrimento. Esse cereal constava no cardápio dos descobridores e também já era utilizado na alimentação das populações locais (Pereira, 2002). No entanto, estudos indicam que o arroz cultivado e consumido no Brasil antes da chegada dos portugueses não se tratava de *O. sativa* originário da Ásia, mas de espécies nativas da América do Sul (Silva, 1950a). Essas espécies silvestres ainda podem ser encontradas no Pantanal Mato-grossense e às margens dos igarapés, sobretudo na Amazônia (Pereira, 2002). O arroz era conhecido pelos índios Tupis como “auatiapé” (auati=milho e apé=com casca), “abatiapé” (abati=milho e apé=com casca) e “abati” (abati=milho e i=miúdo).

As maiores dúvidas persistem quanto ao ano preciso e à localidade em que o arroz cultivado, de origem asiática (*O. sativa*), foi primeiramente plantado no Brasil, sendo quase certo, entretanto, que tal introdução ocorreu na Bahia (Silva, 1950b), pelos portugueses de Cabo Verde, em uma época anterior a 1587. Desta região, o arroz se espalhou pelos estados do Maranhão, Pernambuco e Pará, onde foi cultivado durante muitos anos, sendo sua produção, na época, exportada para Portugal. No entanto, Pereira (2002) relata que é quase certo que a primeira introdução de arroz no estado do Maranhão e Grão-Pará (antigo nome do estado do Pará) foi realizada através dos açorianos, sendo a variedade conhecida como arroz vermelho, arroz da terra ou arroz de Veneza.

O arroz branco, também conhecido como arroz da Carolina, foi introduzido no Brasil colonial como um produto visando a exportação para

Portugal. Este arroz, proveniente do estado de Carolina do Sul, nos Estados Unidos, teve excelente adaptação às condições tanto de clima como de solo no Brasil (Carney & Marin, 1999).

Com o tempo, os colonizadores portugueses levaram o arroz cultivado da Região Norte e Nordeste para outros estados brasileiros, onde encontraram adaptação e expansão. A cultura do arroz começou a surgir no cenário agrícola do Rio Grande do Sul a partir de 1824, com a chegada dos colonos alemães a São Leopoldo, onde foi plantada a princípio como lavoura de sequeiro (Brandão, 1972). No entanto, a produção orizícola, ao final do século XIX, se restringia basicamente a algumas colônias alemãs, tendo em vista basicamente a subsistência. Mediante o uso de “rodas de caçamba” ou de bombas, surgiram as primeiras lavouras irrigadas no início do século XX. Às margens do Arroio Pelotas, em 1903, teriam início os primeiros cultivos com instalações de levante mecânico, para irrigação das lavouras (Terres et al., 1998). O elevado senso de tecnicismo já apresentado pelos pioneiros da orizicultura gaúcha explicaria o porquê do estado do Rio Grande do Sul vir a se tornar, algumas décadas mais tarde, o maior produtor de arroz do Brasil (Pereira, 2002). Atualmente, o RS é responsável por cerca de 50% do arroz produzido no país (Azambuja et al., 2004), em uma área de aproximadamente um milhão de hectares, com produtividade média de  $6.500 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### **Subespécies de *O. sativa***

Com o processo evolutivo e a domesticação a que foi submetido *O. sativa*, ao longo do tempo, foram surgindo inúmeros tipos geneticamente divergentes, os quais foram se adaptando às mais variadas condições

agroecológicas no mundo. Assim sendo, com base na distribuição geográfica, na morfologia da planta e do grão, na esterilidade dos cruzamentos (híbridos) e em outras características, em 1928, esta espécie foi classificada em duas principais subespécies, grupos ou raças ecogeográficas, denominadas *índica* (*hsien*) e *japônica* (*keng*). Posteriormente, na década de 1950, a esta subdivisão seria acrescentada a subespécie *javânica* (Lu & Chang, 1980), cujos grãos podem ser observadas na Figura 3 deste capítulo. Atualmente, as subdivisões incluem o grupo *Aus* e o *Aromático* *rayada* e *ashina* (Glaszman, 1987; Garris et al., 2005).

*Grupo Índica:* morfologicamente este grupo se caracteriza, em geral, por possuir colmos longos, alta capacidade de perfilhamento, folhas longas e decumbentes e ciclo tardio (Dalrymple, 1986). No entanto, devido ao grande esforço alocado nos programas de melhoramento genético nas mais distintas instituições de pesquisa, estas características encontram-se bastante modificadas. Este grupo é o mais amplamente utilizado no Sri Lanka, nas Regiões Sudeste e Central da China, na Índia, em Java, no Paquistão, nas Filipinas, em Taiwan e nas regiões tropicais, de um modo geral (Pereira, 2002). A maioria das variedades de arroz irrigado cultivadas no Brasil estão incluídas neste grupo, e são resultados de seleções locais e cruzamentos de genótipos com gene de nanismo introduzidos dos Programas de Melhoramento do Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI) e do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Pinheiro, 1998).

*Grupo Japônica:* inclui genótipos com colmos curtos e rígidos, mediana capacidade de perfilhamento, folhas estreitas de cor verde-escura e ciclo geralmente curto. Este grupo varietal é amplamente cultivado nas regiões

temperadas (Nordeste e Leste da China, Japão e Coréia). Até a década de 1970, as variedades tradicionais de arroz de sequeiro no Brasil tinham como base genética este grupo (Pinheiro, 1998).

*Grupo javânica ou japônica tropical:* subespécie cujas plantas apresentam, em geral, folhas largas, rígidas e de cor verde-clara, baixa capacidade de perfilhamento, colmos longos, grão largos e espessos, glumas pilosas e pequena sensibilidade ao fotoperíodo, parecendo se tratar do resultado de seleção do grupo indica (Chang, 1976b).

*Grupo Aus:* considerado um ecótipo da subespécie indica, é caracterizado por tolerância à seca e maturação precoce, sendo cultivado em Bangladesh durante o verão de março a junho (Garris et al., 2005).

*Grupos rayada e ashina:* são tipos flutuantes de Bangladesh e Índia, respectivamente (Garris et al., 2005).

*Grupo Aromático:* neste grupo estão inclusos o tipo basmati do Paquistão, Nepal e Índia e sadri do Irã, tendo aroma que se assemelha ao da pipoca, sendo mais valorizados por esta sua qualidade (Garris et al., 2005).

### **2.3.2 - *Oryza glaberrima***

O arroz africano teve origem na África Ocidental (Carney & Marin, 2004), onde se encontra praticamente restrita sua área de exploração e consumo, mais precisamente no Delta Central do Niger. Segundo alguns historiadores, há evidências de que o cultivo deste arroz tenha começado cerca de 1500 anos a.C. Posteriormente, com a introdução do arroz asiático pelos portugueses e holandeses na costa da África Ocidental, ocorreu a substituição do cultivo do arroz africano pelo asiático, em função da sua melhor adaptação

e por apresentar cariópse branca, uma vez que, de uma maneira geral, *O. glaberrima* possui cariópse com coloração vermelha. Esta característica de natureza genética é controlada pelo gene *Rd*, localizado no cromossomo 1 do genoma do arroz (Rangel, 1998).

É presumido que estas duas espécies de arroz cultivado, o asiático e o africano, devam ter um ancestral comum, mas não há, até o momento, um consenso quanto à conexão evolutiva entre eles. Tem sido proposto, como provável progenitor comum, o arroz *O. perennis* ou *O. rufipogon*. Porém, qualquer que seja seu ancestral comum, parece claro que as duas formas de domesticação ocorreram de modo paralelo e independente (Pereira, 2002).

*O. glaberrima* foi domesticado e cultivado por milênios em muitas regiões da África ocidental. Os escravos africanos trazidos dessas regiões, que conheciam as técnicas inerentes a seu cultivo, tiveram um papel crucial em sua propagação nos diversificados ambientes do Novo Mundo e em sua adaptação como produto básico no regime alimentício americano. A existência desse arroz africano foi ignorada por mais de 400 anos. Somente na segunda metade do século XX os cientistas aceitaram as provas de que *O. glaberrima* é uma espécie diferente daquela domesticada na Ásia (Carney & Marin, 2004). Os negros vindos da África ocidental já detinham o conhecimento associado ao cultivo do arroz e se alimentavam desse grão em suas áreas de origem. Assim, sua introdução nas Américas, como um cultivo de subsistência, ocorreu por motivos culturais. A memória da importância cultural do arroz permanece hoje nas lendas dos quilombolas do Suriname, da Guiana Francesa e, em especial, do Brasil. Nessas lendas, a mulher africana traz os grãos entre os cabelos e os negros são os responsáveis pela introdução do cultivo.

Pouco depois, o cultivo do “arroz vermelho” tornou-se uma preocupação oficial para os governantes portugueses. Em decreto de 1772, Portugal instituiu a pena de um ano de prisão e multa para os brancos que plantassem esse arroz, e de dois anos para negros e índios. As razões para essa medida legal não estão esclarecidas, mas admitindo que essa variedade “vermelha” fosse *O. glaberrima*, supõe-se que foi proibida porque seus grãos quebram-se mais facilmente na debulha. Assim, a mistura desse arroz com o do tipo branco (*O. sativa*) resultaria em maior percentual de grãos quebrados, reduzindo os preços do cereal nos mercados europeus (Carney & Marin, 2004).

Pereira (2002) também faz alusão ao cultivo de arroz vermelho no Maranhão, a uma variedade denominada “arroz da terra”, “arroz de Veneza”, “Mineiro” ou “Venez”, cujo cultivo foi praticamente extinto devido à substituição pelo arroz branco, porém ressalta tratar-se de variedade pertencente à espécie *O. sativa*.

### **2.3.3 - Arroz silvestre nativo do Brasil**

Os trabalhos de coleta e identificação realizados nos últimos anos (Figura 4) confirmam que o arroz silvestre nativo do Brasil pertence, na realidade, a diversas espécies, entre as quais *O. glumaepatula*, *O. grandiglumis*, *O. latifolia* e *O. alta* (Rangel, 1998; Pott & Pott, 2000).

*O. glumaepatula* tem uma ampla distribuição, sendo raramente encontrado em locais fora da água. Cresce às margens dos rios e lagos e sua presença está relacionada com a incidência direta de luz. Vulgarmente esta espécie é conhecida como arroz flutuante (Rangel, 1998). Em resposta à elevação do nível da água dos rios, ocorre um rápido alongamento dos seus

entrenós, chegando as plantas a atingir uma altura de 7 metros e, ao se quebrarem, formam grandes populações flutuantes. *O. grandiglumis* é encontrado no oeste da Amazônia, nas bacias hidrográficas dos rios Solimões, Negro, Japurá, Purus e Madeira. Sua presença está relacionada, principalmente, a locais sombreados nas proximidades ou dentro dos sub-bosques da floresta, iniciando seu crescimento através das brotações de órgãos vegetativos, como colmos, seguindo-se o alongamento dos entrenós, à semelhança do *O. glumaepatula*, com a diferença de que a planta permanece presa no solo até o final do ciclo (Rangel, 1998). *O. latifolia* está restrita à bacia do Rio Paraguai, no Pantanal Matogrossense, enquanto que *O. alta* tem uma ampla distribuição no Brasil, incluindo a Bacia Amazônica, Região Nordeste (Maranhão) e Região Sudeste (Floresta Tropical Atlântica). Recentemente, em coleta realizada no município de Campo Maior (Piauí), o botânico S. A. Renvoize (Royal Botanic Garden, Kew), especialista em Poaceae, identificou a espécie coletada como sendo *O. ruffipogon* (Pereira, 2002).

## 2.4. GENOMAS DESCRITOS

Estudos genéticos, citogenéticos e moleculares relatavam, até algum tempo atrás, a existência de cinco genomas distintos no gênero *Oryza*, denominados, em nível diplóide, de AA, BB, CC, EE e FF, além de dois genomas anfidiplóides, denominados BBCC e CCDD (Ferreira, 1997). Sabe-se que o estudo de genética de populações, sua evolução e filogenia, é bastante complexo e tende a ser alterado em função de novas técnicas de análises, bem

como de coletas de genótipos silvestres ainda não explorados. Além disso, o estudo e utilização dos genótipos depende de sua correta classificação e caracterização. Atualmente, Vaughan et al. (2003) relatam a existência do diplóide GG e do genoma anfidiplóide HHJJ.

No genoma AA das espécies *Oryza*, parece que a seleção natural e a seleção artificial realizada pelo homem tiveram diferentes consequências genéticas. O arroz asiático cultivado (*Oryza sativa*) evoluiu da espécie silvestre *O. rufipogon*, genoma silvestre AA de arroz que inclui ecótipos perenes e anuais. Devido ao processo de seleção, atualmente, *O. sativa* sofreu as maiores mudanças evolutivas, denominadas de síndrome da domesticação. Este grupo difere das demais espécies com genoma AA, pelos caracteres de ligação multifatorial comum entre os cereais domesticados (Vaughan et al., 2003). O arroz daninho, vulgarmente denominado de arroz vermelho ou preto, também está classificado como *O. sativa* e seu controle tem se constituído um grande problema mundial, principalmente sob sistema de semeadura (convencional, direta e cultivo mínimo). Esta planta daninha possui genoma AA e apresenta fácil debulha, deixando um banco de sementes no solo e, conseqüentemente, infestando o plantio de arroz cultivado subsequente. Watanabe et al. (2000) sugerem que este arroz daninho surgiu através da degeneração do arroz domesticado.

Estudos recentes em espécies do genoma AA confirmaram a proximidade de *O. nivara*, *O. rufipogon* e *O. sativa*. O acesso australiano de *O. meridionalis* é o material mais distante entre as espécies que compõem o complexo *O. sativa* (Buso, 2005).

Pouco se conhece a respeito do arroz nativo do Brasil, bem como das espécies silvestres de arroz da América Tropical. Os genomas observados nas espécies nativas da América Tropical têm sido o genoma diplóide AA e o genoma anfidiplóide CCDD. Com base nesta classificação, observa-se que o genoma D não foi encontrado na condição diplóide em nenhum lugar do mundo. Existe a possibilidade, segundo alguns cientistas, de que a condição diplóide se encontre extinta ou talvez não tenha sido reconhecido, ou ainda não tenha sido coletada. Postula-se, também, que o genoma D pode ocorrer na condição anfidiplóide, juntamente com o genoma C, mas apenas em espécies silvestres de arroz da América Tropical, como é o caso do *O. latifolia*, *O. alta* e *O. grandiglumis*. O genoma C ocorre na África e na Ásia na condição diplóide, porém nunca foi encontrado como tal na América Tropical. Dentro deste contexto, parece lógico supor que os genomas CC e DD possam ocorrer na América Tropical, o que poderia explicar a própria origem do genoma anfidiplóide CCDD (Ferreira, 1997).

Dentro deste contexto, fica evidente a dificuldade de se estabelecer, sem controvérsias e com precisão, um agrupamento de espécies do gênero *Oryza*, uma vez que muitas foram caracterizadas por descritores morfológicos, os quais podem variar em função do ambiente. Através da biotecnologia e do uso de análises de DNA (citometria de fluxo e marcadores moleculares), será possível estabelecer novas classificações do gênero (Magalhães et al., 2004). Em outras palavras, o próprio avanço do conhecimento de genes, indivíduos, espécies e comunidades é que levará a um maior conhecimento da diversidade do arroz.

## 2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRES, A.; MACHADO, S.L.O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (eds.). **A cultura do arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.457-546, 2004.

AZAMBUJA, I.H.V; VERNETTI JÚNIOR; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (eds.). **A cultura do arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 23-44, 2004.

BDT – Base de Dados Tropical. **Biodiversidade: perspectivas e oportunidades tecnológicas.** Disponível em: <http://www.bdt.fat.org.br/publicacoes/padct/bio/cap8/3/meliasco.html>. Acessado em: 21/11/2005.

BOTELHO, C. O **Arroz**. Typografia Levi, 525 p. 1914.

BRANDÃO, S.S. **Cultura do arroz**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1972. 194p.

BRONDANI, C.; RANGEL, P.H.N.; BRONDANI, R.P.V.; FERREIRA, M.E. QTL mapping and introgression of yield-related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v.104, n.6-7, p.1192-1203, 2002.

BUSO, G.S.C. **Análise genética de espécies silvestres de arroz (*Oryza* spp.) nativas do Brasil: estrutura de populações, diversidade genética e**

**relações filogenéticas utilizando marcadores moleculares.** Disponível em: [www.unb.br/ib/cel/biomol](http://www.unb.br/ib/cel/biomol). Tese de Doutorado, Brasília, UNB. Acessado em: 05/10/2005.

CARNEY, J.A.; MARIN, R.A. **Aportes dos escravos na história do cultivo do arroz africano nas Américas.** Estudos Sociedade e Agricultura. Rio de Janeiro, n.12, p.113-133, 1999.

CARNEY, J.A.; MARIN, R.A. Saberes agrícolas dos escravos africanos no Novo Mundo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.35, n. 205, p.26-33, 2004.

CHANG, T.T. The rice cultures. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences**, Londres, v.275, n.936, p.143-157, 1976a.

CHANG, T.T. The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of asian and african rices. **Euphytica**, Dordrecht, v.25, n.2, p.425-441, 1976b.

CHANG, T.T.; LI, C.C. Genetics and breeding. In: LUH, B.S. **Rice: production and utilization.** Westport, AVI, 1980. p.87-146.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 436-443, 2000.

DALRYMPLE, D.G. **Development and spread of high-yielding rice varieties in development countries.** Washington, Agency for Development, 1986. 117p.

De WET, J.M.J.; OELKE, E.A. Domestication of american wild rice (*Zizania aquatica* L., Gramineae). **Journal d'Agriculture Traditionelle et de Botanique Appliqué**, Paris, v. 25, p.67-84, 1978.

EMBRAPA. **Banco Ativo de Germoplasma.** Disponível em:  
<http://www.cnpaf.embrapa.br/pdet/laboratorio/bag/index.htm>. Acessado  
em:01/11/2005.

FAO. **Cómo alimentar a 4000 millones de personas: el desafío para la investigación sobre el arroz en el siglo XXI.** Geojournal. Disponível: site  
FAO. <http://www.fao.org/docrep/V6017t/V6017T11.htm>. Acessado em:  
15/07/2000.

FERREIRA, M.E. Emprego de análise genômica na conservação de  
germoplasma e melhoramento genético de arroz. In: REUNIÃO DA CULTURA  
DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, S.C. **Palestras...**  
Itajaí: EPAGRI, 1997. 97p.

FONSECA, J.R.; CASTRO, E.M.; SILVEIRA, P.M. **Características botânicas  
e agronômicas de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.).** Goiânia:  
EMBRAPA-CNPAF, 2001. 41p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 130).

FREIRE, M.S.; MORALES, E.A.V.; BATISTA, M.F. Diversidade genética. In:  
VIEIRA, N.R.A.; SANTOS, A.B.; SANT'ANA, E.P. **A cultura do arroz no  
Brasil.** Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.559-581.

GALLI, J.; TERRES, A.L.; GASTAL, F.L.C. Origem, histórico e caracterização  
da planta de arroz. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA  
AGROPECUÁRIA. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado.**  
Campinas, Fundação Cargill, 1985. p. 1-14.

GARRIS, A.J.; TAI, T.H.; COBURN, J.; KRESOVICH, S., McCOUCH, S.  
Genetic structure and diversity in *Oryza sativa* L. **Genetics**, Baltimore, v. 169,  
n. 3, p.1631-1638, 2005.

- GLASZMANN, J.C. Isozymes and classification of asian rice varieties. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 74, n.1, p.21-30, 1987.
- GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JR. de, A.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 899p.
- GRECO, R. et al. Transposon insertional mutagenesis in rice. **Plant Physiology**, Rockville, v. 125, n. 3, p. 1175-1177. 2001.
- GRIST, D. H. **Rice**. 5 ed. Londres, Longman, 1978. 601p.
- IBPGR – **International Board for Plant Genetic Resources** (Roma, Itália). Elsevier' s dictionary of plant genetic resources. Roma, 1991. 187p.
- IRRI. **Catalog of descriptors for rice (*Oryza sativa* L.)** Manila, IRRI: IBPGR, 1980. 21p.
- IRRI. **International Rice Genebank**. Disponível em: <http://www.irri.org/GRC/irg/biodiv-genebank.htm>. Acessado em:01/11/2005.
- JENNINGS, P. R.; COFFMAN. W.R.; KAUFFMAN, H.E. Breeding for agronomic and morphological characteristics. In: IRRI. **Rice improvement**. Los Banõs, Philippines: IRRI, 1979. p.91-94.
- JENNINGS, P.R. **Historia del cultivo del arroz en Colombia**. Agricultura Tropical, Bogotá, v. 17, n.2, p. 79-89, 1961.
- LSPA. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro .v. 14, n.02, p.1-76. mar. 2004.
- LU, B.R.; CHANG, T.T. Rice in its temporal and apatial perspectives. In: LUH, B.S. **Rice: production and utilization**. Westport, AVI, 1980. p.1-74.

MAGALHÃES JR. A.M. de; ANDRES, A.; FRANCO, D.F.; SILVA, M.P.; ABREU, A.; LUZZARDI, R.; COIMBRA, J. Avaliação do fluxo gênico entre genótipos de arroz transgênico, cultivado e arroz vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2 ; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 768-771.

MAGALHÃES JR. A.M. de; FAGUNDES, P.R.; FRANCO, D.F. Melhoramento genético, biotecnologia e cultivares de arroz irrigado. In: MAGALHÃES JR. de, A.M.; GOMES, A. da S. **Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático.** Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, p.13-33, 2003. (Embrapa Clima Temperado: Documentos, 113).

MAGALHÃES JR. A.M. de; TERRES, A.L.; FAGUNDES, P.R.; FRANCO, D.F.; ANDRES, A. Aspectos genéticos, morfológicos e de desenvolvimento de plantas de arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JR. de, A.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.143-160, 2004.

MARGIS, M.P. **A biotecnologia na agricultura: o melhoramento genético do arroz.** Conselho de Informações sobre Biotecnologia - CIB Disponível em: [http://www.cib.org.br/pdf/biotecnologia\\_na\\_agricultura\\_marcia\\_margis.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/biotecnologia_na_agricultura_marcia_margis.pdf).

Acessado: em 21/10/2005.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Rice the essential harvest.** Washington, National Geographic Society, 1994. 79p.

NEDEL, J.L.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N.; CARMONA, P.S. A planta de arroz: morfologia e fisiologia. In: PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS,

A.C.S.A (eds). **Produção de arroz irrigado**. Pelotas, Editora e Gráfica Universitária–UFPel, 2004. p.17-62.

OELKE, E.A.; PORTER, R.A.; GROMBACHER, A.W.; ADDIS, P.B. **Wild rice - New interest in an old crop**. Cereal Foods World, St Paul, v. 42, n.4, p.234-247, 1997.

PEREIRA, A. A transgenic perspective on plant functional genomics. **Transgenic Research**, Dordrecht, v. 9, n. 4-5, p. 245-260, 2000.

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

PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.S.A. **Produção de arroz irrigado**. Pelotas, Editora e Gráfica Universitária–UFPel, 2004. 623 p.

PHILLIPS, R.L.; ODLAND, W.E.; KAHLER, A.L. Rice as reference genome and more. In: INTERNATIONAL RICE GENETICS SYMPOSIUM, 5, Manila, 2005. A platform for exploring developments in rice genetics and their applications. **Abstracts...** Manila, Philippines: International Rice Research Institute (IRRI), p. 1, 2005.

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

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

PUGA, N.T.; NASS, L.L.; AZEVEDO, J.L. **Glossário de biotecnologia vegetal**. São Paulo, Manole, 1991. 82p.

RANGEL, P.H.N. **Origem e evolução do arroz**. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1998. Não paginado. Palestra apresentada no I Curso Internacional de Melhoramento Genético de Arroz, Goiânia, mar. 1998.

RANGEL, P.H.N.; BRONDANI, C.; MORAIS, O.P. SCHIOCCHET, M.A.; BORBA, T.C.O.; RANGEL, P.N.; BRONDANI, R.P.V.; FAGUNDES, P.R.R.; YOKOYAMA, S.; BACHA, R.E.; ISHIY, T. Obtenção da cultivar de arroz irrigado SCSBRS Tio Taka através da seleção recorrente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3 ; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. **Anais ...** Santa Maria: UFSM, 2005. p. 195-197.

RANGEL, P.H.N.; GUIMARÃES, E.P.; NEVES, P.C.F.N. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.5, p.349-357, 1996.

RANGEL, P.H.N.; NEVES, P.C.F. **Seleção recorrente em arroz irrigado no Brasil: guia prático**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1995. 24p. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 53).

SANTOS, A.B. Cultivo da soca de arroz irrigado. In: MAGALHÃES JR., A.M.; GOMES, A.S.; SANTOS, A.B (eds). **Sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado (Sistema de Produção, 3), 2004. p. 241-254.

SILVA, M.V. Elementos para a história do arroz no Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.4, n.39, p.11-16, 1950a.

SILVA, M.V. Elementos para a história do arroz no Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.4, n.39, p.19-23, 1950b.

SILVA, M.V. O melhoramento do arroz em Portugal. **Vida Agrícola**, Lisboa, v.19, não paginado, 1956.

STEINMETZ, S.; FAGUNDES, P.R.R. Diferenciação da panícula (DP). In: GOMES, A.S.; PETRINI, J.A.; FAGUNDES, P.R.R. (eds). **Manejo racional da cultura do arroz irrigado**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2004. p.119-123.

TATEOKA, T. Notes on some grasses. 16. Embryo structure of genus *Oryza* in relation to systematics. **American Journal of Botany**, Columbus, v.51, n.2, p.539-543, 1964.

TERRES, A.L.; GALLI, J.; FAGUNDES, P.R.R.; MACHADO, M.O.; MAGALHÃES JR., A.M. DE; MARTINS, J.F.; NUNES, C.D.M.; FRANCO, D.F.; AZAMBUJA, I.H.V. **Arroz irrigado no Rio Grande do Sul: generalidades e cultivares**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 58p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 14).

VAUGHAN, D.A.; CHANG, T.T. Collecting the rice gene pool. In: GUARINO, L.; RAMANATHA RAO, V.; REID, R. **Collecting plant genetic diversity – Technical Guidelines**. CAB International, Wallingford, UK, p. 659-675, 1995.

VAUGHAN, D.A.; MORISHIMA, H.; KADOWAKI, K. Diversity in the *Oryza* genus. **Current Opinion in Plant Biology**, Londres, v.6, n.2, p.139-146, 2003.

VAUGHAN, D.A.; SITCH, L.A. Gene flow from the jungle to farmers: wild-rice genetic resources and their uses. **BioScience**, Washington, v. 42, n.1, p.22-28, 1991.

WATANABE, H.; VAUGHAN, D.A.; TOMOOKA, N. Weedy rice complexes: cases studies from Malaysia, Vietnam and Suriname. In: BAKI, B.B.; CHIN,

D.V.; MORTIMER, M. (eds). **Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review**. Limited Proceedings, n.2. Los Banos, Philippines, IRRI, p.25-34, 2000.

WILSON, D. Culture, conservation, and biodiversity: The social dimension of linking local-level development and conservation through protected areas. **Society and Natural Resources**, Philadelphia v. 10, n.6, p.595-597, 1997.



Figura 1 – Arroz selvagem (“wild rice”) do gênero *Zizanea*.



Figura 2 – Arroz cultivado africano *Oryza glaberrima* Steud.



Figura 3 – Arroz cultivado asiático *Oryza sativa* L., pertencente ao Grupo *Japônica* (A), *Índica* (B) e *Javânica* (C).

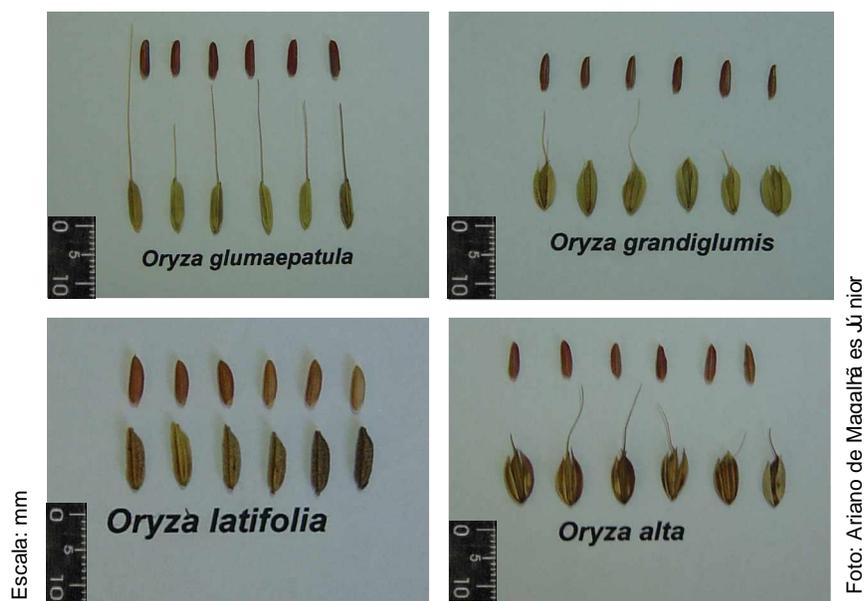


Figura 4 - Arroz silvestre nativo encontrado no Brasil pertence às espécies *O. glumaepatula*, *O. grandiglumis*, *O. latifolia* e *O. alta*.

Tabela 1 – Espécies do gênero *Oryza* identificadas e catalogadas.

COMPLEXO <i>Oryza</i>	Nº cromosomos	Genoma	HABITAT USUAL
<b>Grupo <i>Oryza</i></b>			
<b>Complexo <i>Oryza sativa</i></b>			
<i>Oryza sativa</i> L.	24	AA	Terras altas a várzeas/ aberto (ensolarado)
<i>O. rufipogon</i> ( <i>O. nivara</i> para a forma anual e <i>O. rufipogon</i> para a perene)	24	AA	Anual: estação seca; perene: várzeas/ aberto
<i>O. glaberrima</i> Steud	24	AA	Terras altas a várzeas/ aberto (ensolarado)
<i>O. barthii</i> A. Chev.	24	AA	Regiões secas/ aberto (ensolarado)
<i>O. longistaminata</i> Chev. et Roehr.	24	AA	Regiões secas a várzeas
<i>O. meridionalis</i> Ng	24	AA	Regiões secas/ aberto (ensolarado)
<i>O. glumaepatula</i> Steud	24	AA	Áreas inundadas sujeitas a secas/ aberto
<b>Complexo <i>Oryza officinalis</i></b>			
<i>O. officinalis</i> Wal ex Watt.	24	CC	Regiões secas/ aberto (ensolarado)
<i>O. minuta</i> JS Presl. Ex CB Presl.	48	BBCC	Terras altas a várzeas e vice-versa/ semi-sombreado
<i>O. rhizomatis</i> Vaughan	24	CC	Regiões secas/ aberto (ensolarado)
<i>O. eichingeri</i> Peter	24	CC	Terras altas a várzeas e vice-versa; interior de florestas/ semi-sombreado
<i>O. malapuzhaensis</i> Krishnaswamy e Chandrasakaran	48	BBCC	Regiões secas; florestas pobres/ semi-sombreado
<i>O. punctata</i> Kotschy ex Steud	24, 48	BB, BBCC	Diplóide: Regiões secas/ aberto (ensolarado); Tetraplóide: interior de florestas/ semi-sombreado
<i>O. latifolia</i> Dsev.	48	CCDD	Regiões secas/ aberto
<i>O. alta</i> Swallen	48	CCDD	Regiões inundadas/ aberto (ensolarado)
<i>O. grandiglumis</i> (Doell) Prod.	48	CCDD	Regiões inundadas/ aberto (ensolarado)
<i>O. australiensis</i> Domin	24	EE (ou DD)	Regiões secas/ aberto (ensolarado)
<b>Grupo <i>Ridleyanae</i> Tateoka</b>			
<i>O. schlechteri</i> Pilger	48	Desconhecido	Beira de rios/ aberto (ensolarado)
<b>Complexo <i>O. ridleyi</i></b>			
<i>O. ridleyi</i> Hook.	48	HHJJ	Regiões inundadas no meio de florestas/ sombreado
<i>O. longiglumis</i> Jansen	48	HHJJ	Regiões inundadas no meio de florestas/ sombreado
<b>Grupo <i>Granulata</i> Roschev.</b>			
<b>Complexo <i>O. granulata</i></b>			
<i>O. granulata</i> Nees et Arn ex Watt	24	GG	Interior de florestas/ sombreado
<i>O. meyeriana</i> (Zoll. Et Mor. Ex Steud.) Baill.	24	GG	Interior de florestas/ sombreado
<b>Grupo <i>Brachyantha</i> B.R. Lu</b>			
<i>O. brachyantha</i> Chev. Et Roehr.	24	FF	Solos rochosos e pobres/ aberto (ensolarado)

Fonte: Vaughan et al. (2003). Current Opinion in Plant Biology, n.6. p.139-146. Adaptado pelo autor.

Tabela 2 – Diferentes espécies do gênero *Oryza*, origem, distribuição e principais características genéticas.

<b>Espécie</b>	<b>Origem e distribuição</b>	<b>Caráter de interesse ao melhoramento genético</b>
Complexo <i>Oryza sativa</i>		
<i>Oryza sativa</i>	Ásia, atualmente distribuído no mundo inteiro	Genes adaptativos ao cultivo
<i>O. rufipogon</i>	Ásia tropical e Austrália	Resistência à ferrugem da folha
<i>O. glaberrima</i>	Oeste da África	Genes adaptativos ao cultivo
<i>O. barthii</i>	África	Tolerância à seca
<i>O. longistaminata</i>	África	Alta produção de pólen
<i>O. meridionalis</i>	Austrália tropical	Tolerância à seca
<i>O. nivara</i>	Ásia tropical	Resistência ao vírus do retardamento (stunt)
<i>O. glumaepatula</i>	América Central e do Sul	Alongamento do colmo / Arroz de águas profundas
Complexo <i>Oryza officinalis</i>		
<i>O. officinalis</i>	Ásia Tropical	Múltiplas resistências a pragas
<i>O. minuta</i>	Filipinas	Resistência à brusone
<i>O. rhizomatis</i>	Sri Lanka	Resistência à seca
<i>O. eichingeri</i>	Sri Lanka	Múltiplas resistências a pragas
<i>O. malapuzhaensis</i>	Sudeste da Índia	Tolerância ao sombreamento
<i>O. punctata</i>	África	Múltiplas resistências a pragas
<i>O. latifolia</i>	América Latina	Resistência ao vírus do tungro
<i>O. alta</i>	América Latina	Alta produção de biomassa
<i>O. grandiglumis</i>	América do Sul	Alta produção de biomassa
<i>O. australiensis</i>	Austrália	Resistência à seca
Complexo <i>O. ridleyi</i>		
<i>O. ridleyi</i>	Sudeste da Ásia	Resistência à lagarta do colmo
<i>O. longiglumis</i>	Indonésia, Papua Nova Guiné	Resistência à brusone
Complexo <i>O. granulata</i>		
<i>O. granulata</i>	Sul e Sudeste da Ásia	Tolerância ao sombreamento
<i>O. meyeriana</i>	Sudeste da Ásia	Tolerância ao sombreamento
<i>O. brachyantha</i>	África	Resistência à lagarta do colmo
<i>O. schlechteri</i>	Indonésia, Papua Nova Guiné	Estoloniífera

Fonte: Vaughan & Sitch (1991). Adaptado pelo autor.

### 3 –CAPÍTULO II

#### COLETA DE GERMOPLASMA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) NO RIO GRANDE DO SUL

##### 3.1. INTRODUÇÃO

A extensão e distribuição da diversidade genética de uma espécie depende da sua evolução e domesticação, do sistema de melhoramento genético, de fatores ecológico-geográficos e, frequentemente, socioeconômicos (Ramanatha Rao & Hodgkin, 2003). A homogeneidade e a estabilidade das novas cultivares, conduzem a substancial perda de variabilidade genética dos principais cultivos alimentares quando da substituição das cultivares tradicionais por cultivares novas causada pela modernização e comercialização da produção agrícola (Santos, 2004).

O declínio da variabilidade genética em nível de cultivares e *landraces* tem atingido grandes proporções. Na Índia, 30.000 genótipos de arroz eram cultivados algumas décadas atrás. Hoje 75% da produção de arroz neste país provém de, aproximadamente, dez cultivares. No Sri Lanka eram cultivadas

2.000 genótipos de arroz em 1959. Hoje existem em torno de cinco cultivares de arroz sendo utilizadas neste país, das quais 75% descendem do mesmo genitor feminino (Swanson, et al., 1994). No Brasil, as cultivares de arroz irrigado mais plantadas são oriundas do cruzamento de sete variedades ancestrais, que são responsáveis por cerca de 81% do conjunto gênico. Especificamente no Rio Grande do Sul, apenas seis ancestrais (Deo Geo Woo Gen, Cina, Lati Sail, I Geo Tze, Mong Chim Vang A e Belle Patna) contribuem com 86% dos genes das cultivares de arroz mais plantadas (Rangel et al., 1996). No entanto, em estudos com diversas cultivares de arroz utilizadas no RS, com técnicas eletroforéticas de isoenzimas (Guidolin, 1983) e com AFLP (Malone et al., 2006), grande polimorfismo foi encontrado nos genótipos testados.

O abandono de genótipos tradicionalmente cultivados em favor de cultivares mais amplamente adaptadas é a causa principal da erosão de recursos genéticos. Na medida em que direitos de propriedade intelectual estimulam o melhoramento e o uso de novas cultivares, estes irão aumentar esta erosão. Segundo Santos (2004) os direitos de propriedade intelectual vão ser utilizados somente em cultivos com potencial de lucros pela venda de sementes, de forma que nem todos cultivos serão afetados. Este fato acentua a necessidade de que ações de coleta e de conservação, tanto “in situ” como “ex situ”, sejam estimuladas e eficazmente empreendidas de forma a prevenir e evitar que parte importante da diversidade dos recursos genéticos vegetais seja irremediavelmente perdida, especialmente no que se refere às variedades primitivas (“landraces”). Cultivares melhoradas geneticamente permitem safras maiores, porém, a produção torna-se, em geral, vinculada ao uso de padrões

tecnológicos mais elevados, dificultando, desta forma, o desenvolvimento da agricultura de subsistência (Soares, 2003).

Os trabalhos de coleta e estudos de abrangência geográfica de arroz silvestre indicam que a capacidade adaptativa da espécie é bastante grande, devido à grande diversidade agroecológica em que são encontrados até os dias atuais. Nestes diferentes ambientes, durante décadas de pressão seletiva diversa, houve uma coevolução, em cada ambiente particular, com as diferentes pragas, doenças e outros fatores bióticos e abióticos como tipo e fertilidade do solo, temperatura, etc. A coevolução e a longa persistência torna os genótipos silvestres excelentes candidatos para a busca de características como a fonte de resistência a pragas e doenças e melhor adaptação (Toro et al.,1990).

O objetivo deste trabalho foi relatar as coletas de germoplasma de arroz, em bancos de sementes ou diretamente em propriedades (“in situ”), e caracterizá-las morfofisiologicamente, visando conhecer seus atributos genéticos para posterior utilização em programas de melhoramento da espécie.

### **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram coletados genótipos de arroz no Rio Grande do Sul, visando cultivares antigas ou obsoletas ainda em cultivo e/ou crioulas, em propriedades rurais de terras altas e de várzeas. As coletas em propriedades rurais foram realizadas conforme metodologia proposta por Vaughan & Chang (1995). Outros acessos foram obtidos junto ao Laboratório de Análise de Sementes da

Embrapa Clima Temperado, localizado em Capão do Leão (RS), e ao Banco de Germoplasma da Embrapa Arroz e Feijão, localizado em Santo Antônio de Goiás (GO). A coleta dos acessos a campo foi realizada nos meses de fevereiro e março de 2004 e 2005, época em que os materiais encontravam-se em cultivo, podendo-se, assim, selecionar plantas da população original. Para cada acesso foram coletados 40 panículas de arroz, as quais foram devidamente identificadas. Todos os genótipos coletados em propriedades do RS foram gentilmente cedidos para fins de pesquisa pelos produtores.

Os locais de coleta de arroz foram previamente determinados conforme indicações de profissionais ou de informações de produtores. Buscou-se contato com os Escritórios Regionais da EMATER/RS (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural) visando descobrir produtores que ainda mantinham genótipos antigos em cultivo.

As regiões de coleta foram: Fronteira Oeste, Depressão Central, Campanha, Sul, Costa Externa da Lagoa dos Patos e Costa Interna da Lagoa dos Patos. Essas regiões apresentam diferenças quanto à topografia, clima, solos, disponibilidade de água para irrigação e tamanho de lavouras, determinando variações em termos de produção e produtividade média. Também foram coletados genótipos de sequeiro em regiões ao norte do Estado.

Cada acesso coletado recebeu uma numeração, sendo identificado e documentado conforme descrito no Quadro 1, segundo Querol (1993).

Os acessos adquiridos foram semeados a campo, em duas safras consecutivas de forma a serem caracterizados morfológica e fenotipicamente. O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Clima

Temperado – Estação Experimental Terras Baixas (município do Capão do Leão, RS). Todos os genótipos foram conduzidos no sistema de inundação permanente. Cada parcela foi constituída por quatro sulcos medindo cinco metros de comprimento. O espaçamento utilizado entre sulcos foi de 17,5 cm. As práticas de adubação e manejo foram adotadas segundo as recomendações técnicas de cultivo do arroz irrigado (SOSBAI, 2005). Os descritores avaliados e o momento de avaliação encontram-se no Quadro 2, conforme Fonseca et al. (2001).

Dos 31 descritores analisados, foram utilizados para cálculo da dissimilaridade genética apenas 12, sendo estes pilosidade de folhas, coloração de aurículas, ângulo da folha bandeira, altura de plantas, coloração do internódio, presença de aristas, coloração do ápulo na floração e na maturação, coloração das glumelas, ciclo, comprimento do grão e relação C/L, pois os demais não apresentaram diferenças significativas entre os acessos.

Os dados dos caracteres quali e quantitativos que exibiram classes distintas no conjunto dos genótipos avaliados foram utilizados para estimativa da distância genética, de acordo com o coeficiente R de dissimilaridade genética (Cruz, 2006). Desta forma, foi obtida uma matriz de distância Euclidiana. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa computacional GENES (Cruz, 2006). Com base na matriz de distância genética gerada, foi construído um dendrograma, utilizando o método de agrupamento das médias das distâncias (UPGMA).

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 35 acessos de arroz oriundos tanto do sistema irrigado como de sequeiro. As informações da origem e localização dos genótipos coletados encontram-se na Tabela 1. Conforme pode ser observado, foi obtido um número limitado de acessos, pois buscou-se sempre genótipos antigos ainda em cultivo ou variedades crioulas, diferente das cultivares modernas atualmente presentes na lavoura gaúcha.

Foi possível realizar coletas nas seis regiões orizícolas do Estado. Em coletas de germoplasma, a distribuição geográfica é o fator de maior influência sobre a variação amostrada, através da presença ou ausência de certos alelos em regiões geográficas específicas, além da variação determinada pelos microclimas e pelas mudanças nos solos e outros fatores do meio (Allard, 1970).

No RS o arroz irrigado é cultivado nas seguintes regiões: Fronteira Oeste, Depressão Central, Campanha, Sul, Costa Externa da Lagoa dos Patos e Costa Interna da Lagoa dos Patos (Magalhães Jr. et al, 2003). Na região da Fronteira Oeste, o clima e a topografia favorecem a antecipação da semeadura; as barragens são as principais fontes de água para irrigação; as lavouras são de médio e grande porte. Nesta região, lavouras com bom manejo atingem produtividade acima de 9.000 kg/ha. Na região da Campanha, as lavouras utilizam os rios e barragens como principais fontes para irrigação. Na Depressão Central as lavouras são de pequeno e médio porte, com uso intensivo dos solos, localizadas principalmente nas várzeas dos rios, sendo estes as fontes de irrigação. Os solos apresentam fertilidade de média à baixa

e a produtividade é elevada devido às práticas peculiares de manejo empregadas na região. A região Sul, responsável por cerca de 13% da produção estadual, se caracteriza por apresentar uma grande disponibilidade de água para irrigação, já que está localizada entre as Lagoas dos Patos e Mirim. No entanto, a água geralmente tem de ser conduzida a grandes distâncias, encarecendo assim o custo de irrigação. Nessa Região, a semeadura e a colheita são realizadas em períodos curtos e bem definidos, refletindo num maior investimento em máquinas e equipamentos. A produtividade média da região muitas vezes encontra-se comprometida por problemas de frio na fase reprodutiva da cultura (temperaturas abaixo de 15° C). Na Costa Externa da Lagoa dos Patos o sistema pré-germinado está em franco desenvolvimento, devido à forte influência da orizicultura catarinense. A média de produtividade na região é de 5.500 kg/ha. Na Costa Interna da Lagoa dos Patos, as lavouras são de porte médio a pequeno, os solos de fertilidade média, apresentando elevada infestação de arroz vermelho (Azambuja et al., 2004).

Além destas regiões orizí colas tradicionais, várias outras regiões no Estado cultivam arroz, principalmente no sistema de terras altas, em pequenas áreas que podem apresentar uma grande riqueza em termos de diversidade genética e adaptação local, como foi o caso das coletas realizadas em Canguçu, Porto Lucena, Erechim, Cruz Alta, Passo Fundo, e Bagé.

Todos os acessos coletados foram caracterizados e identificados com sendo *O. sativa*. A descrição dos locais de coletas quanto à topografia do terreno, tipologia, incidência de radiação solar e hábito de crescimento foram identificadas como sendo igual para todos os acessos, não sendo apresentada

em detalhes. Neste caso, observou-se topografia plana dos terrenos, próximo a mananciais hídricos, locais ensolarados e plantas com ciclo anual de crescimento.

O arroz é considerado uma espécie cosmopolita adaptando-se em diferentes ambientes, sendo cultivado em latitudes que variam desde 55° N até 35° S (IRRI, 2006). Das coletas realizadas no Rio Grande do Sul, observou-se uma amplitude variando de 27° 38' 03" a 32° 02' 06" de latitude sul e 51° 23' 45" a 56° 33' 11" de longitude oeste. Ressalta-se que não foi identificado nenhum acesso de arroz nativo, como os já encontrados na Amazônia e no Mato Grosso. Há várias espécies de arroz silvestre nativo do Brasil, entre as quais *O. glumaepatula*, *O. grandiglumis*, *O. latifolia* e *O. alta* (Rangel, 1998; Pott & Pott, 2000). *O. glumaepatula* tem uma ampla distribuição, sendo raramente encontrado em locais fora da água. Cresce às margens dos rios e lagos e sua presença está relacionada com a incidência direta de luz. *O. grandiglumis* é encontrado no oeste da Amazônia, nas bacias hidrográficas dos rios Solimões, Negro, Japurá, Purus e Madeira. Sua presença está relacionada, principalmente, a locais sombreados nas proximidades ou dentro dos sub-bosques da floresta. *O. latifolia* está restrita à bacia do Rio Paraguai, no Pantanal Matogrossense, enquanto que *O. alta* tem uma ampla distribuição no Brasil, incluindo a Bacia Amazônica, Região Nordeste (Maranhão) e Região Sudeste (Floresta Tropical Atlântica) (Rangel, 1998). Desta forma, não descarta-se a possibilidade de se encontrar outras espécies de arroz nesta região, principalmente *O. latifolia*, o qual pode ter migrado ao sul do Brasil pela corrente fluvial do Rio Paraguai e seus afluentes. Sugere-se que expedições futuras sejam realizadas para comprovar ou não esta hipótese.

Os dados referentes à caracterização morfo-fisiológica dos acessos coletados estão apresentados nas Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Em relação à coloração foliar não foram observadas diferenças entre os genótipos trabalhados, com exceção do jasmine, que apresentou uma tonalidade mais esverdeada (Tabela 2). Este genótipo também diferenciou-se dos demais, pois apresenta-se como aromático. A coloração foliar trata-se de uma característica bastante subjetiva e fortemente influenciada pela adubação nitrogenada de cobertura (Fageria & Balicar, 2003). Conforme pode ser observado na Tabela 2, estão listados genótipos de origem índica e japônica. Segundo Watanabe (1997) genótipos do tipo índica apresentam coloração verde clara, enquanto que os do tipo japônica têm coloração verde escura.

A pilosidade foliar e das glumas são características altamente correlacionadas, possivelmente controladas por um único gene. No presente trabalho, observou-se 100% de correlação. Considerando que as glumas, morfologicamente, são estruturas foliares modificadas, pode-se inferir um raciocínio lógico para esta hipótese. Dos 35 genótipos, 26 apresentaram pilosidade (Tabelas 2 e 4). Em arroz, este caráter está relacionado com rusticidade. Em geral, espécies silvestres também apresentam pilosidade foliar (Rangel, 1998). Atualmente, cultivares modernas tendem a ter folhas lisas em função da menor abrasividade de máquinas na colheita e beneficiamento do arroz (Terres et al., 1989). O caráter glabro (liso) de folhas e glumelas (casca do grão) das cultivares de plantas do tipo moderno-filipino surgiu na lavoura sulina a partir de 1986, com os lançamentos da BR-IRGA 412 e BR-IRGA 413 (Terres et al., 2004).

Em relação a lígula e aurícula, observou-se que todos os genótipos avaliados apresentaram lígula incolor e apenas os acessos 1 e 32 tiveram presença de antocianina na aurícula (Tabela 2).

Variedades modernas apresentam folha-bandeira ereta para melhor captação da radiação solar e porte semi-anão. A distribuição de luz em uma comunidade vegetal é determinada pelo IAF (índice de área foliar) e pelo coeficiente de extinção que, por sua vez, é determinada pelo ângulo das folhas. Quanto menor o coeficiente de extinção, melhor a distribuição de luz e menor a saturação lumínica das folhas individuais (Pinheiro, 2006). Dessa forma, explica-se porque a relação entre a área foliar e a produtividade cresce apenas até o ponto em que o sombreamento mútuo começa a reduzir a taxa fotossintética por unidade de área foliar, e que folhas eretas sejam o arranjo mais eficiente.

Observou-se que 28 dos 35 genótipos avaliados apresentaram porte de plantas alto, bem superior àquele preconizado pelo ideotipo moderno utilizado na lavoura orizícola do RS (cerca de 85 cm de altura) (Kush, 1995). Devido ao alto vigor, as plantas possuem boa capacidade competitiva em relação às plantas invasoras (capim arroz - *Echinochloa* spp) mas, normalmente, apresentam maior suscetibilidade ao acamamento, especialmente sob alta fertilidade natural, ou na presença de doses acima de 30 kg de nitrogênio por hectare (Terres et al., 2004). Na lavoura orizícola do Sul do Brasil existem quatro tipos de arquitetura de plantas, denominados de tradicional, intermediário, moderno-filipino (semi-anão) e moderno-americano. A arquitetura de planta tradicional, de grão curto, como as cultivares Japonês Comum, Japonês Meia Pragana, Japonês Gigante e Japonês Chumbinho; as de grão

mediano, como Blue Rose, Seleção Blue Rose 388, Farroupilha e Caloro; e as de grão longo-oblongo, como Agulha, Fortuna, EEA 404 e EEA 406, predominou na lavoura gaúcha de 1903/04 a 1974/75. A planta do tipo intermediário, de grão agulhinha (longo, fino e cilíndrico de casca dourada ou clara, pilosa ou lisa), como Bluebelle, Dawn, Belle Patna e Lebonnet, predominou no período de 1975/76 a 1981/82. As cultivares do tipo moderno-filipino, também de grão agulhinha, como BR-Irga 409, BR-Irga 410, Irga 417, El Paso L-144, BRS 7 “Taim” e Irga 422 CL, passaram a ocupar a maior parte da área de cultivo a partir de 1982/83 e atualmente representam a maior área de cultivo do Estado. O arroz do tipo moderno-americano, de grão agulhinha, como Lemont, Gulfmont e BRS Firmeza, lançado em 1999, tem expressão insignificante, quanto à área cultivada no Sul do Brasil. No entanto, a cultivar BRS Querência, lançada em 2005, pela Embrapa Clima Temperado, tem tido um aumento significativo no percentual de área cultivada no RS.

O comprimento e a largura da folha-bandeira foram descritores que apresentaram grande influência do ambiente. Embora apresentadas na Tabela 3, estas características variaram dentro das repetições, indicando não ser descritores adequados para caracterização das coletas. No entanto, Watanabe (1997) relata que genótipos do tipo índica apresentam folhas mais largas que aqueles do tipo japônica.

A espessura do colmo e o ângulo dos perfilhos estão diretamente relacionados com a resistência ao acamamento. Nas avaliações não foram encontrados genótipos com ângulo aberto de perfilhos, no entanto, houve variabilidade para o caráter espessura do colmo, variando de 2,3 a 5,0 mm (Tabela 3).

A coloração do internódio e a presença de antocianina no colmo é um marcador bastante consistente na caracterização de coleções (Fonseca et al., 2001). Segundo Terres et al. (1998) estes marcadores são utilizados também como forma de identificação da F1 após cruzamentos controlados, sendo controlados por um único gene dominante. Dentre os acessos avaliados onde a presença de antocianina foi mais intensa encontra-se o denominado Cana Roxa, nome relacionado à coloração do colmo (Tabela 3).

O comprimento das panículas pode ser observado na Tabela 4. Nos acessos coletados houve grande variabilidade para este importante caráter, uma vez que o mesmo influencia diretamente a produtividade. No entanto, foram observados genótipos com comprimento de panículas acima de 20 cm, mas que apresentavam problemas de exercício, sendo que cerca de 1/3 desta encontrava-se dentro da bainha (nota 2). A maioria da cultivares atuais de arroz apresenta comprimento de panículas variando entre 20 e 25 cm. No caso do arroz híbrido, a heterose obtida tem demonstrado um aumento no comprimento de panículas (Virmani, 1996).

Quanto ao tipo de panícula, os genótipos avaliados não apresentaram variabilidade, sendo todos classificados como tipo intermediário. A panícula compacta foi relatada por Ishiy (2003), que observou linhagens que apresentaram panículas compactas com mais de 500 espiguetas.

Os descritores de presença de arista (Tabela 4) e coloração do ápulo (Tabela 5) são bastante precisos e fáceis de trabalhar, muito embora as intensidades de coloração possam causar algum erro de interpretação, principalmente entre as notas 1, 2 e 3, respectivamente para as cores branca, verde e amarela, bem como entre as notas 4, 5 e 6, ou seja, vermelha, marrom

e púrpura, respectivamente. A grande maioria das cultivares modernas apresenta ápico com coloração branca ou amarelada, sendo a presença de arista um caráter indesejável.

Conforme pode ser observado na Tabela 5, a coloração das glumelas na grande maioria dos genótipos foi amarelo-pardo (nota 1), sendo alguns acessos com casca dourada (nota 2). Os acessos 1 e 32 apresentaram glumas com manchas púrpuras. Comportamento similar foi observado para coloração de glumelas estéreis.

Quanto à floração e ciclo cultural (emergência à maturação) pode-se observar uma grande variabilidade nos acessos trabalhados, sendo encontrados genótipos super-precoces, como o Arroz do Seco que estava pronto para colher em 94 dias, e alguns demasiadamente tardios, com ciclo acima dos 140 dias. O acesso Arroz do Seco pode ser uma excelente opção para pequenos produtores, para consumo próprio, com limitações de água, pois além desta vantagem de economia de água, devido à precocidade, apresentou um comportamento adequado frente aos demais caracteres agronômicos. Segundo Fagundes et al. (2006), quanto ao ciclo, as cultivares de arroz irrigado desenvolvidas para a região de clima subtropical do Sul do Brasil variam, no Rio Grande do Sul, entre super-precoces (< 100 dias), precoce (110-120 dias), médio (121-130 dias) e semi-tardio (> 130 dias).

A Tabela 6 apresenta os valores de peso de panículas, número de grãos por panícula, degranados e estéreis, bem como peso de 1000 grãos e comprimento do grão sem casca. Todas estas avaliações foram realizadas em laboratório, após colher individualmente panículas com umidade variando entre 23 e 18%. Cada uma delas foi colocada em um saco de papel e identificada.

Foram realizadas três repetições por tratamento. Assim sendo, o caráter número de grãos degranados foi avaliado contando-se aqueles que se desprenderam naturalmente da panícula durante as fases de transporte e armazenagem dos ensaios. Muito embora esta metodologia tenha sido inovadora, demonstrou ser bastante informativa. Os genótipos japônicos apresentaram menor debulha quanto comparados com os índicas, o que confirma as descrições de Watanabe (1997) para este caráter. Segundo Fonseca et al. (2001), o degrane em arroz é realizado a campo pressionando-se com a mão a panícula e observando visualmente os grãos que se desprendem da mesma, sendo assim atribuídas notas de intensidade de degrane.

Pode-se observar na Tabela 6 que existe variabilidade para peso de panículas, variando de 1,62 a 8,31g. Embora o maior peso de panículas indique um melhor atributo para a contribuição do rendimento, devem ser considerados a contribuição proveniente do peso de glumelas estéreis.

Os descritores relacionados com o formato dos grãos apresentados na Tabela 7 são pouco influenciados pelo ambiente (Fonseca et al., 2001), indicando ser este um caráter preciso para trabalhos de caracterização de germoplasma. Magalhães Jr. et al. (2005) relataram que, para estudos de distância genética em arroz irrigado, os caracteres que mais contribuíram para o cálculo foram comprimento de grãos e relação C/L.

Dos acessos coletados, o Arroz da Terra, o Cachinho e o Reetz apresentaram pericarpo com coloração avermelhada, semelhante à principal planta daninha do lavoura orizícola, popularmente conhecida como “arroz vermelho”.

Em relação ao estudo de distância genética, conforme pode ser verificado na Figura 2, os acessos 1 e 32 formaram um grupo separado dos demais genótipos. Estes dois acessos pertencem a um tipo especial de arroz utilizado na culinária italiana (tipo rizoto). Inicialmente, os acessos parecem ser o mesmo genótipos, porém apresentam algumas diferenças, sendo o Arbório mais alto que o Carnaroli, respectivamente.

Os acessos 14 (Cachinho) e 16 (Reetz) podem ser considerados duplicados. Neste sentido, o acesso indicado como Cachinho pelo produtor é Reetz e ambos apresentam pericarpo vermelho.

Outro grupo de acessos que pode estar duplicado é aquele formado pelos genótipos Arroz Agulhinha (01), oriundo de Santa Vitória do Palmar, que parece ser a antiga cultivar Farroupilha, bem como o acesso Farroupilha trata-se da cultivar Farroupilha.

O acesso 23, denominado Brejolinha, é, a exemplo do tipo arbório, bastante distante geneticamente dos demais. Este acesso apresenta uma peculiaridade, na qual o grão apresenta dimensões reduzidas, onde o comprimento médio dos grão foi de 3,2 mm e a relação C/L de 1,3. Com esta característica, o grão encontra um nicho no mercado da alimentação de pássaros em cativeiro, com elevado valor comercial.

Ainda pode ser observado, na Figura 2, que os acessos 29 e 30, amarelão e douradão, são muito semelhantes e podem ser considerados como o mesmo genótipo. Estes acessos foram obtidos com um mesmo produtor em Mariana Pimentel. Guimarães et al. (2006) também citam em seu trabalho um genótipo denominado Douradão/Amarelão, cujo acesso no banco de

germoplasma da Embrapa Arroz e Feijão encontra-se sob o registro CA800020, que provavelmente seja o mesmo coletado no presente trabalho.

### 3.4. CONCLUSÕES

A coleta de variedades crioulas de arroz no Rio Grande do Sul é restrita a pequenos produtores que ainda mantêm genótipos antigos para sua subsistência. Grande área do Estado é cultivada com genótipos modernos do tipo filipina.

Os genótipos resgatados apresentaram variabilidade genética para um grande número de caracteres avaliados, podendo servir como fonte de genes aos programas de melhoramento genético da cultura.

Os caracteres utilizados na análise multivariada foram eficientes para separar os acessos coletados, bem como identificar duplicações na coleção.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W. Population structure and sampling methods. In: FRANKEL, O.H.; BENNET, E. **Genetic resources in plants – their exploration and conservation**. London: Blackwell, 1970. p.97-107.

AZAMBUJA, I.H.V; VERNETTI JÚNIOR; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A da S. e MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (eds.). **A cultura do arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. pág. 23-44.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa : UFV, 2006. 442p.

FAGERIA, N.K.; BALICAR, V.C. Methodology for evaluation of lowland rice genotypes for nitrogen use efficiency. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 26, n. 6, p. 1315-1333, June 2003.

FONSECA, J.R.; CASTRO, E.M.; SILVEIRA, P.M. **Características botânicas e agronômicas de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 2001. 41p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 130).

GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JR. de, A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 899p.

GUIDOLIN, A. F. Caracterização de genótipos de arroz irrigado por técnicas eletroforéticas. Pelotas : UFPel. 92 p. **Dissertação** (Mestrado Agronomia). 1993.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E.; RODRIGUES, C.A.P. Resistência à seca: III. **Avaliação do sistema radicular do arroz de terras altas em condições controladas**. Disponível em: [http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc\\_196/trabalhos/CBC-TRAB\\_73-3.pdf](http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_196/trabalhos/CBC-TRAB_73-3.pdf). Acessado em: 20/10/2006.

IRRI. International Rice Genebank. Disponível em: <http://www.irri.org/science/cnyinfo/index.asp>. Acessado em:15/09/2006.

ISHIY, T. Panícula compacta, multiespigueta e mutação induzida como ferramenta para aumentar o potencial produtivo do arroz irrigado em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25. Balneário Camboriu, SC. **Anais...** Itajaí -SC, EPAGRI, 2003. p.789-794.

MAGALHÃES JR. A.M. de; FAGUNDES, P.R.; FRANCO, D.F. Melhoramento genético, biotecnologia e cultivares de arroz irrigado. In: MAGALHÃES JR. de, A.M.; GOMES, A. da S. **Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, p.13-33, 2003. (Embrapa Clima Temperado: Documentos, 113).

MAGALHÃES JR., A. M. de; TERRES, A.L.; FAGUNDES, P.R.R.; FRANCO, D.F.; ANDRES, A. Aspectos genéticos, morfológicos e de desenvolvimento de plantas de arroz irrigado. In: GOMES, A da S. e MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (eds.). **A cultura do Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Infomação Tecnológica, 2004. pág. 143-160.

MAGALHÃES JR., A.M. de; FAGUNDES, P.R.; FRANCO, D.F.; CARVALHO, F.I.F.; BARBIERI, R.L.; COIMBRA, J.L.M.; SOARES, R.C.; OLIVEIRA, A.C. de. Divergência genética entre as variedades de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) da Embrapa Clima Temperado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26. Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria-RS, UFSM-Editora Orium, 2005. p.117-120.

MALONE, G.; ZIMMER, P.D.; KOPP, M.M.; MATTOS, L.A.T. de ; CARVALHO, F. I.F. de ; OLIVEIRA, A.C. de . Assessment of the genetic variability among rice cultivars revealed by amplified fragment length polymorphism (AFLP). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 12, n. 1, p. 21-25, 2006.

POTT, V.J.; POTT, A. Plantas aquáticas do Pantanal. Brasília, Embrapa, 2000. 404p.

QUEROL, D. Recursos genéticos, nosso tesouro esquecido. In: QUEROL, D. **Coletas**. AS-PTA. pág. 49-73. 1993.

RAMANATHA RAO, V.; HODGKIN, T. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, n. 68. pág. 1-19. 2002.

RANGEL, P.H.N. **Origem e evolução do arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. Não paginado. Palestra apresentada no I Curso Internacional de Melhoramento Genético de Arroz, Goiânia, mar. 1998.

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.

SANTOS, M. de M. **Biodiversidade: perspectivas e oportunidades tecnológicas. direitos de propriedade intelectual na área biológica**. Base de dados tropicais. Disponível em:

<http://www.bdt.fat.org.br/publicacoes/padct/bio/cap4/marcio.html>. Acessado em 17/08/2004.

SOARES, A.P. de M. **Recuperação da Agricultura Tradicional**. Instituto POLIS. Disponível em: <http://www.polis.org.br>. Acessado em: 12/12/2003

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria, RS: SOSBAI, 2005.159p.

SWANSON, T. M.; PEARCE, D. W. AND CERVIGNI, R. **The appropriation of the benefits of plant genetic resources for agriculture**: An economic analysis of the alternative mechanisms for biodiversity conservation. FAO Background Study, Paper Nº 1. Presented to the Commission on Plant Genetic Resources at its First Extraordinary Session. Rome, 7-11. November. 1994.

TERRES, A.L.; GALLI, J.; FAGUNDES, P.R.R.; MACHADO, M.O.; MAGALHÃES JR., A.M. DE; MARTINS, J.F.; NUNES, C.D.M.; FRANCO, D.F.; AZAMBUJA, I.H.V. **Arroz irrigado no Rio Grande do Sul: generalidades e cultivares**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 58p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 14).

TORO, O., JOSEPH, T.; DEBOUCK, D.G. **Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.): description and distribution**. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) and Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colômbia. 106 p, 1990.

VAUGHAN, D.A.; CHANG, T.T. Collecting the rice gene pool. In: GUARINO, L.; RAMANATHA RAO, V.; REID, R. **Collecting plant genetic diversity – Technical Guidelines**. CAB International, Wallingford, UK, 1995. pág. 659-675.

VAUGHAN, D.A.; MOROSHIMA, H.; KADOWAKI, K. Diversity in the *Oryza* genus. **Current Opinion in Plant Biology**, n. 6. pág. 139-146. 2003.

VIRMANI, S. S. **Hybrid rice**. Advance Agronomy, San Diego, v. 57, p.377-462, 1996.

WATANABE, Y. Genomic constitution of Genus *Oryza*. In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. (Ed.) **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. V3. p.29-68.

Quadro 1 – Ficha de Coleta de acessos de arroz no RS. Pelotas/RS, UFPel – 2007.

Data de coleta:			Número acesso:	
Taxonomia				
Família:				
Gênero:				
Espécie:				
Nome Cultivar:				
Nome Comum:				
Geografia:				
Local:				
Município:		Estado:		
Latitude:				
Longitude:				
Altitude:				
Condições de crescimento				
Irigado:				
Sequeiro:				
Ciclo:	Curto:	Médio:	Tardio:	
Variabilidade da população	Homogênia:		Pouco heterogênia:	Heterogênia:
Usos	Comercialização:		Sementes:	Consumo:
Origem semente:	Própria:	Certificada:	Outras:	
Informante:				
	Agricultor:	Técnico:	Outro:	
Informações Complementares				

Fonte: Querol, D. (1993), adaptado pelo autor.

Quadro 2 – Descritores morfológicos utilizados para a cultura do arroz. Pelotas/RS, UFPel – 2007.

DESCRITOR	NOTAS	OBSERVAÇÕES
Comprimento da folha	cm	Leitura na folha bandeira
Largura da folha	mm	Leitura na folha bandeira
Ângulo da folha bandeira	1. ereto – menor que 30° 2. intermediario – entre 31 e 60° 3. horizontal – entre 61 e 90° 4. descendente – maior que 90°	
Cor da folha	1. verde claro 2. verde 3. verde escuro 4. púrpura na ponta 5. púrpura na margem 6. púrpura 7. púrpura (bainha)	
Pubescência da folha	1. ausente 2. escassa 3. média 4. forte	
Coloração da aurícula	1. verde claro 2. púrpura	
Coloração da lígula	1. incolor a verde 2. púrpura	
Altura de plantas	cm	Da superfície do solo até a ponta da panícula
Comprimento do colmo	cm	Da superfície do solo até a base da panícula
Espessura do colmo	mm	Leitura na penúltima aurícula
Ângulo dos perfilhos	1. ereto – menor que 30° 2. intermediario – entre 31 e 60° 3. aberto – maior que 60°	
Cor do internódio	1. verde claro 2. dourado claro 3. estrias púrpuras 4. púrpura	Índice da floração
Coloração de antocianina nos nós do colmo	1. ausente 2. fraca 3. média 4. forte 5. muito forte	Enchimento dos grãos
Comprimento da panícula	cm	Colheita
Tipo de panícula	1. compacta 2. intermediaria 3. aberta	
Exercício da panícula	1. completa - > 5 cm 2. média - 1 a 5 cm 3. justa – nó no mesmo nível da folha	
Degrane	1. Fácil - > 50% de grão degranados 2. Intermediário – 25 a 50% 3. Difícil - < 25%	Colheita
Arista	1. presente 2. ausente	
Pubescência das glumelas	1. ausente 2. fraca 3. média 4. forte 5. muito forte	
Coloração do ápice na floração e na maturação	1. branca 2. verde 3. amarela 4. marrom 5. vermelho 6. púrpura 7. preta	
Coloração das glumelas	1. amarelo-palha 2. dourada 3. manchas marrons	

	4. estrias marrons 5. marrom 6. avermelhada 7. manchas purpuras 8. estrias purpuras 9. púrpura 10. preta	
Coloração das glumas estéreis	1. palha 2. dourada 3. vermelha 4. púrpura	
Peso de 1000 grãos	gramas	13% de umidade
Comprimento de grãos sem casca	mm	
Largura de grãos sem casca	mm	
Espessura de grãos sem casca	mm	
Forma do grão	1. arredondada: C/L menor que 1,50 2. semi-arredondada: C/L entre 1,50 e 2,00 3. meio-alongada: C/L entre 2,01 e 2,75 4. alongada: C/L entre 2,76 e 3,50 5. muito-alongada: C/L maior que 3,50	Relação C/L
Cor do grão sem casca	1. branca 2. pardo-clara 3. parda 4. vermelha 5. púrpura	Sem polimento
Ciclo cultural	número de dias	Emergência à maturação
Peso de parí culas	gramas	
Grãos / parí culas	número	

Fonte: Fonseca et al. (2001), adaptado pelo autor.

Tabela 1 – Lista de genótipos de arroz coletados no RS, origem e localização. Pelotas/RS, UFPel – 2007.

Acesso	Genótipo	Origem (produtor/local)	Origem	Latitude (S)*	Longitude (O)*	Altitude (m)
1	Arbório	LAS-CPACT	Capão do Leão **	31° 45' 48"	52° 29' 02"	21
2	Meio Chumbinho	Assentamento Lagoa do Junco	Tapes	30° 40' 24"	51° 23' 45"	7
3	Arroz Agulhinha (01)	Cooperativa Sul Ecologica	Santa Vitória do Palmar	30° 32' 16"	52° 34' 58"	5
4	Arroz Sequeiro (02)	João Calir, Assentamento Renascer	Canguçu	31° 23' 42"	52° 40' 32"	386
5	Arroz Sequeiro (03)	João Clair, Assentamento Renascer	Canguçu	31° 23' 42"	52° 40' 32"	420
6	Arroz Sequeiro (04)	ASTRF	Porto Lucena	27° 51' 22"	55° 00' 59"	114
7	Arroz Japones (11)	José Joaseli de Oliveira	Santana da Boa Vista	30° 52' 19"	53° 06' 55"	306
8	Arroz Sequeiro (12)	Horto Municipal	Santana da Boa Vista	30° 52' 19"	53° 06' 55"	312
9	Arroz Sequeiro (13)	Horto Municipal	Santana da Boa Vista	30° 52' 19"	53° 06' 55"	312
10	Arroz Sequeiro (14)	Horto Municipal	Santana da Boa Vista	30° 52' 19"	53° 06' 55"	312
11	Arroz Chumbinho (15)	Alberto Campos	Encruzilha do Sul	30° 32' 38"	52° 31' 19"	432
12	Arroz Agulhinha (17)	Luizinho Savelas	Eldorado do Sul	30° 05' 02"	51° 36' 58"	46
13	Formosa	Honório Braum	São Lourenço do Sul	31° 21' 55"	51° 58' 42"	19
14	Cachinho	Cesar Moreira	Cruz Alta	28° 38' 19"	53° 36' 23"	452
15	Bico Torto	BAG-CNPAF	Santo A. de Goiás**	16° 29' 01"	49° 18' 40"	2
16	Reetz	João Trevisan	Erechim	27° 38' 03"	52° 16' 26"	680
17	IAC	Carlos Alberto Rosa	Passo Fundo	28° 15' 46"	52° 24' 24"	687
18	1001	João Paulo Pedroso	Rio Pardo	29° 59' 23"	52° 22' 41"	47
19	Itaqui	Roberto Cardoso	Itaqui	29° 07' 31"	56° 33' 11"	78
20	Moti	BAG-CNPAF	Santo A. de Goiás**	16° 29' 01"	49° 18' 40"	2
21	Forropilha	João Elias Silva	Agudo	29° 38' 43"	53° 14' 24"	83
22	Arroz do Seco	Sebastião Amato	Bagé	31° 19' 53"	54° 06' 25"	212
23	Brejolinha	LAS-CPACT	Capão do Leão**	31° 45' 48"	52° 29' 02"	21
24	Farroupilha	BAG-CNPAF	Santo A. de Goiás**	16° 29' 01"	49° 18' 40"	2
25	Japones	Paulo Almeida	São Lourenço do Sul	31° 21' 55"	51° 58' 42"	15
26	Carolina	Paulo Almeida	São Lourenço do Sul	31° 21' 55"	51° 58' 42"	15
27	A. Bolinha/catetinho	Paulo Almeida	São Lourenço do Sul	31° 21' 55"	51° 58' 42"	15
28	Cana Roxa	Juarez Pereira	Mariana Pimentel	30° 21' 09"	51° 34' 59"	119
29	Amarelão	Juarez Pereira	Mariana Pimentel	30° 21' 09"	51° 34' 59"	119
30	Douradão	Juarez Pereira	Mariana Pimentel	30° 21' 09"	51° 34' 59"	119
31	Agulha	Juarez Pereira	Mariana Pimentel	30° 21' 09"	51° 34' 59"	119
32	Carnaroli	Günter, Granja 4 Irmãos	Rio Grande	32° 02' 06"	52° 05' 55"	6
33	Jasmine	Günter, Granja 4 Irmãos	Rio Grande	32° 02' 06"	52° 05' 55"	6
34	Arroz da Terra	BAG-CNPAF	Santo A. de Goiás**	16° 29' 01"	49° 18' 40"	2
35	Cristal	Francisco Bridi	Cristal	30° 59' 59"	52° 02' 54"	369

\* médias do município

\*\* origem de banco de sementes – não encontravam-se em cultivo

Tabela 2 – Caracterização de genótipos de arroz irrigado coletados no RS segundo os descritores coloração e pilosidade da folha, coloração da aurícula, coloração da lígula, ângulo da folha-bandeira e altura de planta (cm). Pelotas/RS, UFPel – 2007.

Acesso	Genótipo	Coloração da folha	Pilosidade da folha	Coloração da aurícula	Coloração da lígula	Ângulo da folha-bandeira	Atura de planta (cm)
1	Arborio	2	4	2	1	3	144.0
2	Meio Chumbinho*	2	1	1	1	2	149.3
3	Arroz Agulhinha (01)*	2	4	1	1	3	130.0
4	Arroz Sequeiro (02)	2	4	1	1	1	90.3
5	Arroz Sequeiro (03)	2	4	1	1	3	137.0
6	Arroz Sequeiro (04)	2	4	1	1	3	70.0
7	Arroz Japones (11)*	2	4	1	1	4	137
8	Arroz Sequeiro (12)	2	4	1	1	3	121
9	Arroz Sequeiro (13)	2	1	1	1	3	141.7
10	Arroz Sequeiro (14)	2	4	1	1	2	112.3
11	Arroz Chumbinho (15)*	2	4	1	1	1	81.7
12	Arroz Agulhinha (17)	2	4	1	1	1	80
13	Formosa*	2	4	1	1	3	111.3
14	Cachinho*	2	4	1	1	4	115.7
15	Bico Torto	2	1	1	1	3	140.3
16	Reetz	2	4	1	1	4	116.7
17	IAC	2	4	1	1	2	88
18	1001	2	1	1	1	2	138.3
19	Itaqui	2	4	1	1	3	150.3
20	Moti*	2	4	1	1	1	80
21	Forropilha	2	4	1	1	3	139
22	Arroz do Seco	2	4	1	1	4	144.0
23	Brejolinha*	2	1	1	1	4	101.3
24	Farroupilha	2	4	1	1	3	140.3
25	Japonês*	2	4	1	1	3	107.3
26	Carolina	2	1	1	1	3	129.0
27	A. Bolinha/catetinho*	2	1	1	1	3	162.3
28	Cana Roxa	2	4	1	1	4	167
29	Amarelão	2	4	1	1	4	135.0
30	Douradão	2	4	1	1	4	140.3
31	Agulha	2	1	1	1	3	144.0
32	Carnaroli	2	4	2	1	4	123,7
33	Jasmine	3	4	1	1	1	91.7
34	Arroz da Terra	2	4	1	1	3	162
35	Cristal	2	1	1	1	3	128.7

\* grupo japônica

Tabela 3 – Caracterização de genótipos de arroz irrigado coletados no RS segundo os descritores comprimento do colmo (cm), comprimento da folha-bandeira (cm), largura da folha-bandeira (mm), espessura do colmo (mm), ângulo dos perfilhos e coloração do internódio. Pelotas/RS, UFPel – 2007.

Acesso	Genótipo	Comp. do colmo (cm)	Comp. da folha bandeira (cm)	Largura da folha - bandeira (mm)	Espessura do colmo (mm)	Ângulo dos perfilhos	Coloração do internódio
1	Arborio	125.3	32.0	17.3	4.6	1	3
2	Meio Chumbinho	127.7	25.3	18.3	4.5	1	1
3	Arroz Agulhinha (01)	111.7	24.3	15.7	4.3	1	1
4	Arroz Sequeiro (02)	67.3	24.3	15.7	4.1	1	1
5	Arroz Sequeiro (03)	114.7	31.0	17.0	3.4	1	1
6	Arroz Sequeiro (04)	53.3	25.0	14.7	3.1	1	1
7	Arroz Japones (11)	114.7	35.3	18.3	3.3	1	1
8	Arroz Sequeiro (12)	99.7	21.7	17.3	3.8	1	1
9	Arroz Sequeiro (13)	119	27.3	16.7	3.3	1	1
10	Arroz Sequeiro (14)	87.7	29.3	11.3	5	1	1
11	Arroz Chumbinho (15)	63.3	31.3	15.7	2.9	1	1
12	Arroz Agulhinha (17)	58.3	31.66	15.7	3.1	1	1
13	Formosa	94	38.3	12.7	3.2	1	1
14	Cachinho	89.7	40.7	16.3	3.5	1	1
15	Bico Torto	119.3	27	16.7	4.2	1	2
16	Reetz	92.7	38.7	14.7	3.2	1	1
17	IAC	69.3	24	12.7	2.9	1	3
18	1001	118	31.7	18.3	5.0	1	1
19	Itaqui	133.3	31.3	17.0	4.1	1	1
20	Moti	48	21	15.5	2.7	1	1
21	Forropilha	115.3	37	15	3.4	1	1
22	Arroz do Seco	120.0	22.0	14.0	3.2	1	1
23	Brejolinha	79.3	35.7	22.0	4.6	1	1
24	Farroupilha	111.0	32.7	12.0	3.1	1	1
25	Japones	87.3	28.7	12.3	2.3	1	1
26	Carolina	109.3	34.3	16.7	3.5	1	1
27	A. Bolinha/catetinho	137.3	32.3	19.7	4.0	1	1
28	Cana Roxa	146	40.7	19.3	4.4	1	3
29	Amarelão	114.3	28.3	14.0	3.5	1	3
30	Douradão	119.3	27.0	16.7	4.2	1	3
31	Agulha	120.0	22.0	14.0	3.2	1	1
32	Carnaroli	104.7	20.7	12.5	4.6	1	3
33	Jasmine	65.3	29	19.3	2.9	1	1
34	Arroz da Terra	140.7	34	17.3	3.7	1	1
35	Cristal	111.3	31.7	19.0	3.3	1	1

Tabela 4 – Caracterização de genótipos de arroz irrigado coletados no RS segundo os descritores coloração de antocianina no colmo, comprimento da panícula (cm), tipo de panícula, exerceção da panícula, presença de arista e pubescência das glumelas. Pelotas/RS, UFPel – 2007.

Acesso	Genótipo	Coloração de antocianina no colmo	Comp. da panícula (cm)	Tipo de panícula	Exerceção da panícula	Presença de arista	Pubescência das glumelas
1	Arborio	4	21.7	2	1	2	5
2	Meio Chumbinho	1	21.7	2	1	2	1
3	Arroz Agulhinha (01)	1	20.3	2	1	1	4
4	Arroz Sequeiro (02)	1	26.0	2	2	2	4
5	Arroz Sequeiro (03)	1	26.7	2	1	2	4
6	Arroz Sequeiro (04)	1	20.0	2	1	2	4
7	Arroz Japones (11)	1	24.7	2	1	2	4
8	Arroz Sequeiro (12)	1	20.3	2	1	2	4
9	Arroz Sequeiro (13)	1	21.7	2	1	2	1
10	Arroz Sequeiro (14)	1	24.7	2	1	1	4
11	Arroz Chumbinho (15)	1	19	2	2	2	4
12	Arroz Agulhinha (17)	1	23	2	2	2	4
13	Formosa	1	17.7	2	1	2	4
14	Cachinho	1	25	2	1	2	4
15	Bico Torto	1	19	2	1	2	1
16	Reetz	1	23	2	1	2	4
17	IAC	1	20.3	2	2	2	4
18	1001	1	22.7	2	1	2	1
19	Itaqui	1	19.0	2	2	2	4
20	Moti	1	19	2	2	1	4
21	Forropilha	1	26.3	2	1	1	4
22	Arroz do Seco	1	22.0	2	1	2	4
23	Brejolinha	1	20.7	2	1	2	1
24	Farroupilha	1	28.0	2	1	1	4
25	Japonês	1	16.7	2	1	2	4
26	Carolina	1	21.3	2	1	2	1
27	A. Bolinha/catetinho	1	21.7	2	1	2	1
28	Cana Roxa	1	22.7	2	1	2	4
29	Amarelão	1	23.3	2	1	2	4
30	Douradão	1	19.0	2	1	2	4
31	Agulha	1	22.0	2	1	2	1
32	Carnaroli	3	20.3	2	1	2	5
33	Jasmine	1	23	2	2	2	4
34	Arroz da Terra	1	23	2	1	2	4
35	Cristal	1	19.3	2	1	2	1

Tabela 5 – Caracterização de genótipos de arroz irrigado coletados no RS segundo os descritores coloração do ápice na floração, coloração do ápice na maturação, coloração das glumelas, coloração das glumelas estéreis, floração 50% (dias) e ciclo cultural (dias). Pelotas/RS, UFPel – 2007.

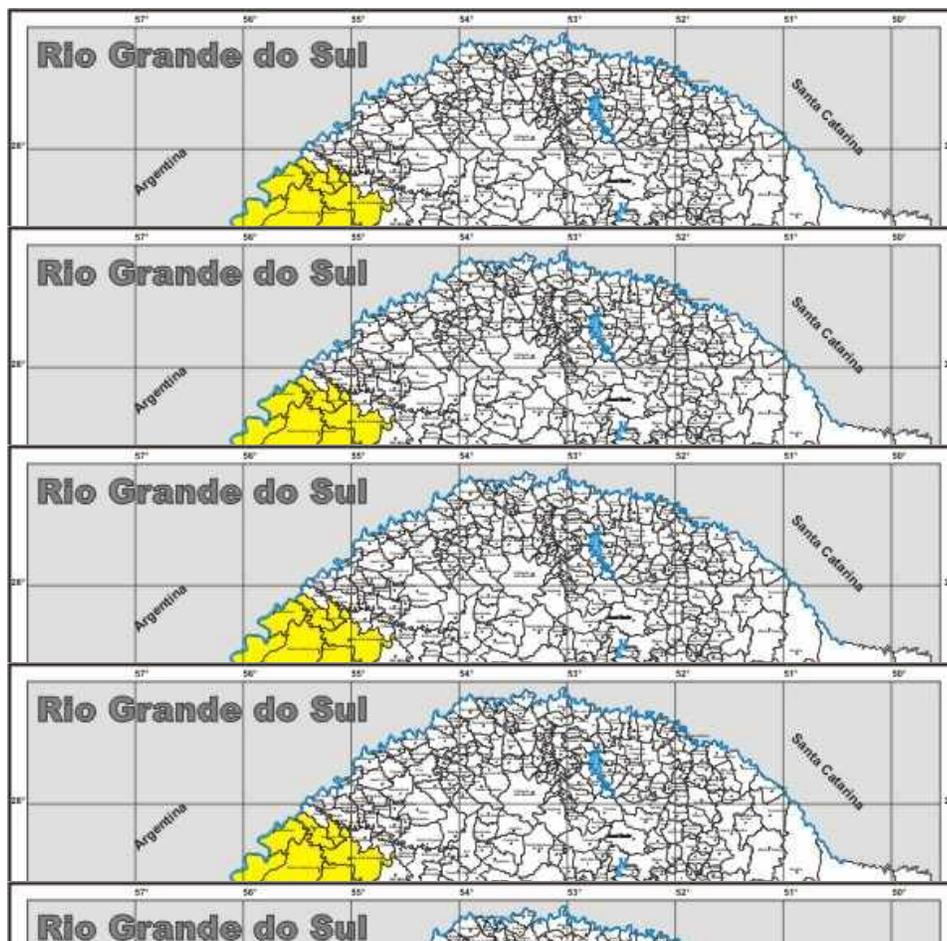
Acesso	Genótipo	Coloração do ápice na floração	Coloração do ápice na maturação	Coloração das glumelas	Coloração das glumelas estéreis	Floração 50% (dias)	Ciclo cultural (dias)
1	Arborio	5	6	7	4	76	106
2	Meio Chumbinho	5	4	1	1	106	136
3	Arroz Agulhinha (01)	1	1	1	1	118	148
4	Arroz Sequeiro (02)	1	1	1	1	105	135
5	Arroz Sequeiro (03)	5	4	1	1	90	120
6	Arroz Sequeiro (04)	5	4	1	1	88	118
7	Arroz Japones (11)	1	1	1	1	86	116
8	Arroz Sequeiro (12)	1	1	1	1	118	148
9	Arroz Sequeiro (13)	4	4	1	1	90	120
10	Arroz Sequeiro (14)	3	3	1	1	114	94
11	Arroz Chumbinho (15)	1	1	1	1	100	130
12	Arroz Agulhinha (17)	3	3	1	1	93	126
13	Formosa	1	1	1	1	106	136
14	Cachinho	1	1	1	1	96	126
15	Bico Torto	4	4	1	1	97	127
16	Reetz	1	1	1	1	98	128
17	IAC	5	4	1	1	118	148
18	1001	1	1	1	1	99	129
19	Itaqui	5	4	1	1	118	148
20	Moti	1	1	1	1	98	128
21	Forropilha	1	1	1	1	123	153
22	Arroz do Seco	5	4	2	2	88	118
23	Brejolinha	3	3	1	1	85	112
24	Farroupilha	1	1	1	1	119	149
25	Japonês	1	1	1	1	108	138
26	Carolina	1	1	1	1	113	143
27	A. Bolinha/catetinho	1	1	1	1	102	132
28	Cana Roxa	5	7	1	1	109	139
29	Amarelão	5	4	2	1	104	134
30	Douradão	5	4	2	1	106	136
31	Agulha	5	4	1	1	108	138
32	Carnaroli	5	6	7	4	75	105
33	Jasmine	1	1	1	1	110	140
34	Arroz da Terra	1	1	1	1	100	130
35	Cristal	1	1	1	1	94	124

Tabela 6 – Caracterização de genótipos de arroz irrigado coletados no RS segundo os descritores peso de panícula (g), número de grãos degranados, número de grãos por panícula, número de grãos estéreis, peso de 1000 grãos (g) e comprimento de grão sem casca (mm). Pelotas/RS, UFPel – 2007.

Acesso	Genótipo	Peso de Panícula (g)	Nº Grãos Degran.	Nº Grãos/Panícula	Nº Grãos Estéreis	Peso 1000 grãos (g)	Comp. grão sem casca (mm)
1	Arborio	4.95	5	134	15	38.50	7.1
2	Meio Chumbinho	1.62	1	86	9	22.53	4.8
3	Arroz Agulhinha (01)	3.99	0	217	17	23.40	5.9
4	Arroz Sequeiro (02)	8.31	5	201	33	26.13	7.2
5	Arroz Sequeiro (03)	3.54	0	110	20	31.52	7.3
6	Arroz Sequeiro (04)	4.02	4	116	26	32.01	7.4
7	Arroz Japones (11)	6.77	2	84	2	35.40	6.8
8	Arroz Sequeiro (12)	5.62	1	160	9	34.82	7.1
9	Arroz Sequeiro (13)	5.39	1	164	16	36.80	7
10	Arroz Sequeiro (14)	3.13	2.33	116	25	26.4	7.5
11	Arroz Chumbinho (15)	2.90	0	137	9	24.66	4.8
12	Arroz Agulhinha (17)	1.83	0.3	86.96	8.66	22.8	6.8
13	Formosa	3.41	5	123	5	24.30	4.8
14	Cachinho	3.94	8	205	42	23.92	5.8
15	Bico Torto	4.30	12	146	11	30.90	6.9
16	Reetz	2.70	14	140	31	22.65	5.4
17	IAC	3.53	29	219	69	26.67	6.3
18	1001	4.38	12	161	34	32.49	7.4
19	Itaqui	4.95	25	195	21	25.45	6.4
20	Moti	3.24	7	144	6	23.70	5.4
21	Forropilha	4.59	0	212	37	24.74	5.7
22	Arroz do Seco	3.58	0	143	12	27.81	5.4
23	Brejolinha	1.64	1	144	32	13.3	3.2
24	Farroupilha	4.49	1	220	26	37.51	5.6
25	Japonês	4.20	10	156	9	28.04	5.9
26	Carolina	4.82	25	162	13	30.30	7.1
27	A. Bolinha/catetinho	3.14	3	121	14	29.29	5.5
28	Cana Roxa	3.18	2	125	9	27.77	5.5
29	Amarelão	3.55	2	131	9	29.85	6.7
30	Douradão	4.11	2	128	6	31.27	6.2
31	Agulha	3.20	6	125	26	29.99	6.8
32	Carnaroli	5.18	1	129	10	44.7	7.2
33	Jasmine	4.02	12	117	15	24.8	6.7
34	Arroz da Terra	3.21	21	103	11	27.6	6.7
35	Cristal	4.56	2	67	12	26.88	7.8

Tabela 7 – Caracterização de genótipos de arroz irrigado coletados no RS segundo os descritores largura do grão sem casca (mm), espessura do grão sem casca (mm), relação comprimento/largura (C/L), formato do grão, coloração do grão sem casca. Pelotas/RS, UFPel – 2007.

Acesso	Genótipo	Largura grão sem casca (mm)	Espessura grão sem casca (mm)	Relação C/L	Formato do grão	Coloração do grão sem casca
1	Arborio	3.3	2	2.2	3	1
2	Meio Chumbinho	2.8	1.8	1.7	2	1
3	Arroz Agulhinha (01)	2.7	1.6	2.2	3	1
4	Arroz Sequeiro (02)	2	1.7	3.6	5	1
5	Arroz Sequeiro (03)	2.5	1.7	2.9	4	1
6	Arroz Sequeiro (04)	2.6	1.8	2.8	4	1
7	Arroz Japones (11)	2.9	1.9	2.3	3	1
8	Arroz Sequeiro (12)	2.8	1.8	2.5	3	1
9	Arroz Sequeiro (13)	2.8	1.8	2.5	3	1
10	Arroz Sequeiro (14)	2.3	1.6	3.3	4	1
11	Arroz Chumbinho (15)	2.7	1.8	1.8	2	1
12	Arroz Agulhinha (17)	1.9	1.6	3.6	5	1
13	Formosa	2.8	1.8	1.7	2	1
14	Cachinho	2.5	1.7	2.3	3	4
15	Bico Torto	2.5	1.7	2.8	4	1
16	Reetz	2.3	1.8	2.3	3	4
17	IAC	2.2	1.4	2.9	4	1
18	1001	2.6	1.8	2.8	4	1
19	Itaqui	2.2	1.5	2.9	4	1
20	Moti	2.5	1.7	2.2	3	1
21	Forropilha	2.7	1.6	2.2	3	1
22	Arroz do Seco	3	1.9	1.8	2	1
23	Brejolinha	2.5	1.8	1.3	1	1
24	Farroupilha	2.5	1.5	2.2	3	1
25	Japonês	2.6	1.8	2.3	3	1
26	Carolina	2.5	1.8	2.8	4	1
27	A. Bolinha/catetinho	3	2	1.8	2	1
28	Cana Roxa	2.7	1.7	2.0	3	1
29	Amarelão	2.7	1.8	2.5	3	2
30	Douradão	2.5	1.7	2.5	3	2
31	Agulha	2.6	1.8	2.6	3	1
32	Carnaroli	3.3	2	2.2	3	1
33	Jasmine	2.6	1.9	2.7	4	1
34	Arroz da Terra	2.5	1.8	2.5	3	4
35	Cristal	2.1	1.5	3.7	5	1



(Fonte: Irga)

Figura 1 – Regiões orí zícolas do Rio Grande do Sul: 1- Fronteira Oeste; 2- Campanha; 3- Depressão Central; 4- Planí cie Costeira Interna; 5- Planí cie Costeira Externa; 6- Região Sul. Pelotas/RS, UFPel – 2007.

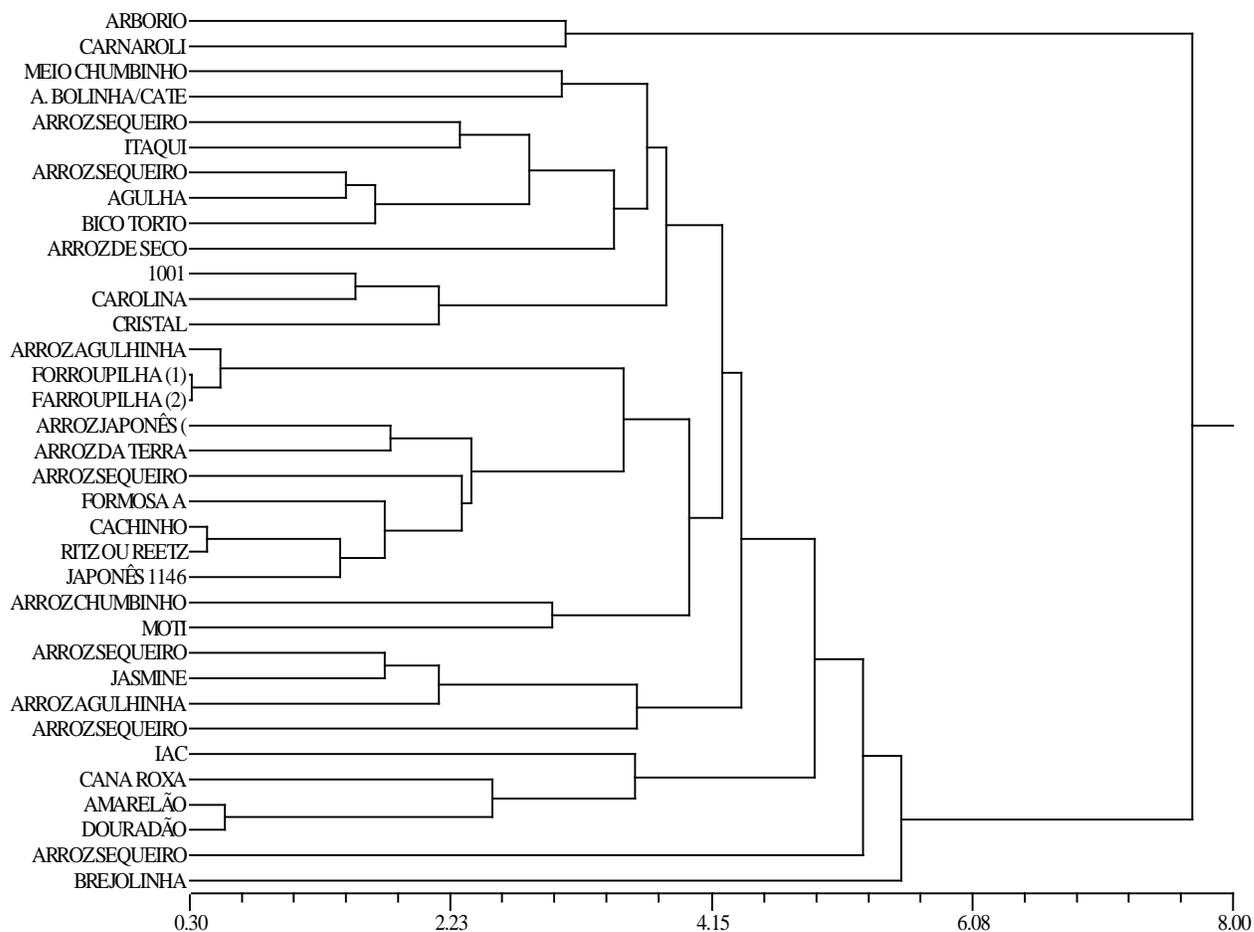


Figura 2 - Dendrograma resultante da análise de distância genética dos 35 acessos de arroz coletados, por meio da distância Euclidiana, considerando 12 variáveis (pilosidade, coloração da aurícula, ângulo da folha bandeira, altura de plantas, coloração de antocianina no colmo, presença de arista, coloração do ápulo na floração, coloração do ápulo na maturação, coloração de glumas, ciclo, comprimento do grão e relação C/L). Pelotas/RS, UFPel – 2007.

## 4 –CAPÍTULO III

### FENOTIPAGEM DE GERMOPLASMA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

#### 4.1. INTRODUÇÃO

De origem subtropical, o arroz é cultivado no mundo entre os paralelos 55° N, na China, até 36° S, no Chile (IRRI, 2006). A seleção por agricultores durante séculos sob várias condições de cultivo tem resultado em uma grande quantidade de variedades. Durante o processo de domesticação do arroz, uma série de mudanças morfológicas e fisiológicas ocorreram. Folhas mais largas e longas, colmos mais grossos, e panículas mais longas resultaram em plantas com nova arquitetura. Também houve um aumento no número de folhas e na sua taxa de desenvolvimento, massa de grãos, vigor de plântula e capacidade de emitir perfilhos. A taxa fotossintética de folhas individuais aumentou levemente, assim como o período de enchimento de grãos. Em contrapartida, houve diminuição ou perda de algumas características, como dormência de sementes, degrana da panícula, aristas, resposta ao fotoperíodo e

sensibilidade a baixas temperaturas. A frequência de polinização cruzada também diminuiu, fazendo com que o arroz tivesse aumentada sua taxa de autogamia em relação às espécies silvestres (Chang, 1976).

As influências combinadas da natureza, da seleção humana, da diversificação edafoclimática e de práticas culturais variadas permitiram uma ampla diversidade de ecótipos, atualmente encontrada nas cultivares de arroz asiático.

O arroz cultivado, de origem asiática, foi plantado inicialmente no Brasil em uma época anterior a 1587, sendo quase certo que tal introdução se deu na Bahia, pelos portugueses de Cabo Verde (Silva, 1950). As maiores dúvidas persistem quanto ao ano preciso de seu cultivo. Desta região, o arroz se espalhou pelos estados do Maranhão, Pernambuco e Pará, onde foi cultivado durante muitos anos, sendo sua produção, na época, exportada para Portugal (Pereira, 2002).

Com o tempo, os colonizadores portugueses levaram o arroz cultivado da Região Norte e Nordeste para outros estados brasileiros, onde encontraram adaptação e expansão. No Rio Grande do Sul, a partir de 1824, foi que a cultura do arroz começou a surgir no cenário agrícola, com a chegada dos colonos alemães a São Leopoldo, onde foi plantada a princípio como lavoura de sequeiro (Brandão, 1972).

A lavoura orizícola sempre experimentou ganhos de produtividade no RS, desde que foi introduzida em Pelotas a irrigação permanente por bombeamento forçado em 1903/04, mesmo usando cultivares melhoradas oriundas de outros países que adotam idêntico sistema de irrigação. Muitas cultivares eram procedentes do Japão (grão tipicamente curto), da Itália e dos

Estados Unidos da América – grão curto, mediano ou longo (Terres et al., 2004).

A pesquisa de arroz irrigado no Rio Grande do Sul teve início em 1939, com a instalação da Estação Experimental do Arroz (EEA), pertencente ao Instituto Riograndense do Arroz (IRGA - autarquia estadual). Por volta de 1950, o Ministério da Agricultura estabeleceu, no Estado, o seu primeiro programa de pesquisa em melhoramento de arroz irrigado, através do Instituto Agrônomo do Sul (IAS) - atual Embrapa Clima Temperado. As cultivares EEA 404, EEA 405 e EEA 406 foram as primeiras de grão longo, desenvolvidas na década de 60, por cruzamento orientado, que tiveram destaque na lavoura (Terres et al., 1998). Porém, foi a partir de 1979 que a pesquisa com arroz irrigado no Rio Grande do Sul passou a ter grande expressão, resultado do trabalho conjunto Embrapa-IRGA com a liberação para a lavoura das cultivares de porte moderno (alta capacidade de perfilhamento, folhas eretas, porte baixo), como BR-IRGA 409, BR-IRGA 410, que alavancaram a produtividade média do arroz no Rio Grande do Sul (Magalhães Jr. et al., 2003).

Atualmente, no Brasil, a maioria das cultivares de arroz de terras altas pertence ao grupo Japônica tropical e as cultivares de arroz irrigado ao grupo Índica (Kush, 1997; Pinheiro, 2006).

Os programas de melhoramento genético de arroz são baseados na utilização de um número reduzido de genitores com arquitetura moderna e atributos agronomicamente desejáveis, o que tem conduzido a um estreitamento da base genética (Fonseca et al., 2006). Com a redução da variabilidade genética, reduz-se também o ganho genético por ciclo de seleção. A escolha de acessos geneticamente divergentes em relação aos genitores

elites tem sido uma alternativa viável na ampliação da base genética do arroz cultivado. Neste sentido, torna-se necessário que os acessos sejam fenotipados, seguindo metodologias padrão para avaliação.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a variabilidade de caracteres morfológicos e fenométricos em cultivares de arroz em cultivo no sul do Brasil, bem como linhagens desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Embrapa Clima Temperado, cultivares antigas introduzidas, genótipos provenientes de coletas realizadas no Rio Grande do Sul e genótipos exóticos para determinados nichos de mercado.

## **4.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Terras Baixas, pertencente à Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, durante as safras 2004/05 e 2005/06.

Foram avaliadas cultivares modernas recomendadas para cultivo no sul do Brasil, linhagens desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Embrapa Clima Temperado, cultivares antigas introduzidas, genótipos provenientes de coletas realizadas no Rio Grande do Sul (Capítulo II), bem como genótipos exóticos para determinados nichos de mercado, em um total de 288 genótipos, disponíveis junto a Embrapa Clima Temperado.

Foram mensurados trinta e seis caracteres, sendo dezoito considerados quantitativos: altura de planta, comprimento do colmo, comprimento da folha-bandeira, largura da folha-bandeira, espessura do colmo, comprimento da

panícula, floração (50%), ciclo vegetativo, peso de panícula, número de grãos degranados, número de grãos por panícula, número de grãos estéreis, peso de mil grãos, comprimento de grãos sem casca, largura de grãos sem casca, espessura do grão sem casca, relação de comprimento por largura do grão e rendimento; e dezoito considerados qualitativos, representados por descritores agronômicos da cultura do arroz: cor da folha, pubescência da folha, coloração da aurícula, coloração da lígula, ângulo da folha-bandeira, ângulo dos perfilhos, coloração do internódio, coloração de antocianina nos nós do colmo, tipo de panícula, exerceção da panícula, presença de arista, pubescência das glumelas, coloração do ápico na floração, coloração do ápico na maturação, coloração das glumelas, coloração das glumas estéreis, forma do grão e coloração do grão sem casca.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos casualizados com três repetições, sendo as parcelas compostas por quatro fileiras de 5 m com espaçamento de 0,17 m entre linhas. A área útil da parcela foi constituída pelos 4 m centrais das duas fileiras internas. Dentro de cada parcela foram realizadas cinco leituras a campo para cada descritor, exceto naquelas mensuradas no laboratório, tal como dimensões dos grãos, onde foram realizadas 10 leituras para cada tratamento.

A densidade de semeadura foi de 125 kg ha<sup>-1</sup>, sendo utilizada uma semeadora mecânica de parcelas, em sistema convencional de plantio. A adubação de base foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (5-20-20) e mais 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado no início do afilhamento. As práticas de adubação e manejo foram adotadas segundo as recomendações técnicas de cultivo do arroz irrigado (SOSBAI, 2005).

As estatísticas descritivas foram obtidas utilizando-se o Programa de Análise Estatística SYSTAT 11 Software, Inc (2004), sendo os gráficos elaborados pelo Programa Excel for Windows.

### **4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **4.3.1. Caracteres Quantitativos**

Na análise dos dados foi observada uma grande variabilidade para todos os caracteres quantitativos (Tabelas 1 e 2).

Os caracteres altura de plantas e comprimento do colmo não apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (SW) em nível de 5% de probabilidade (Tabela 1). Foi observado (Figura 1) que existem dois grupos quanto à estatura de plantas nos genótipos avaliados, sendo estes identificados como o grupo dos genótipos modernos de porte baixo e o grupo dos antigos de porte intermediário e tradicional (altos), conforme classificação descrita por Terres et al. (2004). A altura mínima identificada entre os genótipos foi de 68 cm para a cultivar CICA 8 e para a linhagem da Embrapa Clima Temperado CL SEL. 916-B-3-1-2 e 173, estando acompanhadas pelos genótipos IR 8 e Agulhinha Anão, ambos medindo 70 cm. A variedade indica tropical IR 8, selecionada do cruzamento entre Peta e a variedade Dee-geo-woo-gen tem sido amplamente utilizada como fonte para a característica semi-anã em arroz (Beachell et al., 1972), pois permite o uso de doses mais elevadas de nitrogênio, sem acamamento de plantas e aumento,

conseqüentemente, de caracteres correlacionados diretamente com a produtividade. Os genótipos mais altos foram Japonês de Várzea (173 cm), Cana Roxa e Carolina (167 cm) e Amarelão (163 cm), todos classificados com porte tradicional. Foi observado correlação entre altura de plantas e comprimento do colmo, porém a estatura pode ser influenciada pelo comprimento da panícula. De acordo com Akita (1995), a menor participação de fotoassimilados para o crescimento de órgãos vegetativos em cultivares semi-anãs resultou em maior acúmulo de carboidratos não estruturais nos caules e nas bainhas antes do florescimento, sendo prontamente translocados para as panículas e utilizados no enchimento de grãos. O índice de colheita em arroz (IC), segundo Yoshida (1981), é de aproximadamente 0,3 para variedades altas tradicionais e 0,5 para as variedades modernas. No processo de melhoramento de cultivares de arroz irrigado, o aumento da produtividade econômica (PE), representada pelo rendimento de grãos, não foi devido ao aumento da produtividade biológica (PB), representada pela soma da massa de palha e de grãos, e sim ao aumento do IC (Akita, 1995). Dentro desta lógica, a busca por maior número de espiguetas férteis, quer seja pelo maior número de panículas  $m^{-2}$  ou pelo maior comprimento de panículas, tende a elevar o IC.

Na Tabela 1 pode-se observar o comportamento dos genótipos em relação ao comprimento e à largura da folha-bandeira. O comprimento variou de 44 cm (IAC 201, Farroupilha e Gigante) a 16 cm para as cultivares do tipo moderno-americana (Lacassine e BRS Firmeza). Pelo teste SW este caráter apresentou uma distribuição de normalidade. Em relação à largura de folhas observou-se uma amplitude de 16,7 mm entre as folhas mais estreitas e as mais largas. Os genótipos Cacho Grande, Formosa, Japonês e Tetep

apresentaram largura de folha variando de 4 a 11mm, enquanto que os maiores valores foram observados nas cultivares BRS Querência, BRS Firmeza e Carolina, variando de 19 a 20 mm. Watanabe (1997) relata que genótipos do tipo japonês apresentam folhas mais estreitas que aqueles do tipo indica, confirmando os resultados obtidos no presente trabalho.

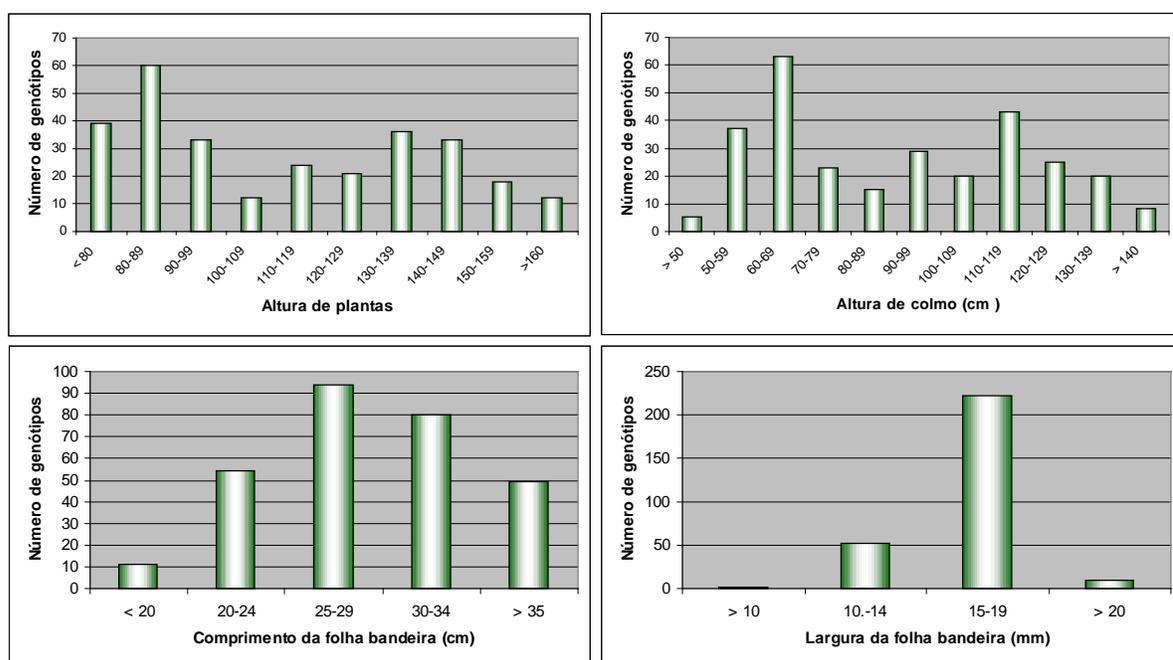


Figura 1 - Distribuição de freqüência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres altura de plantas e do colmo, e comprimento e largura da folha-bandeira. Pelotas/RS, UFPel -2007.

A distribuição de freqüência dos genótipos quanto à espessura do colmo, comprimento de panículas, floração e ciclo pode ser observada na Figura 2. Os menores diâmetros do colmo foram observados em genótipos do tipo japonês, sendo mínimo para o acesso denominado Japonês (2,3 mm) e máximo para o genótipo Gigante (5,5 mm). A espessura do colmo está

diretamente correlacionada com o acamamento de plantas, principalmente naqueles genótipos de porte tradicional (altos), mas que tem ganhado importância mesmo com variedades de porte moderno cultivadas em sistema de cultivo pré-germinado (Petrini & Franco, 2006). Nestas avaliações, o diâmetro do colmo, segundo Fonseca et al. (2001), deve ser mensurado na porção mediana da planta. Dentro deste contexto, observou-se que esta região coincide com o colar da penúltima folha, sendo então adotado este critério para tomada das leituras. Sugere-se que esta referência seja adotada em outros trabalhos, pois estabelece com maior precisão o critério de observação.

O caráter comprimento de panículas apresentou uma distribuição normal, segundo o Teste SW, conforme pode ser observado na Tabela 1 e na Figura 2. O comprimento médio das panículas foi de 21,68 cm, sendo mínimo (16 cm) para os genótipos antigos Fronteira e Agulhão, bem como aqueles do tipo japônica Bolinha/catetinho e Formosa. Os valores maiores foram observados na cultivar Basmati 370 e na linhagem Gigante, da Embrapa Clima Temperado, respectivamente com 28 e 27 cm. No entanto, a cultivar aromática Basmati 370, apesar de apresentar o maior comprimento médio de panículas dentre os genótipos avaliados, não teve um bom desempenho quanto ao número de grãos panícula<sup>-1</sup> (118) enquanto que a média de todos os genótipos para este caráter ficou em 153 grãos panícula<sup>-1</sup>, além de apresentar 21% de esterilidade de grãos (Tabela 2).

Na Figura 2 pode-se observar o comportamento dos genótipos em função da floração (50%) e do ciclo completo observado da emergência à maturação. Foram encontrados genótipos apresentando ciclo super-precoce (cerca de 100 dias), tais como Arrank, BRS Ligeirinho, BRS Atalanta e Oro

(cultivar chilena), bem como cultivares e acessos de ciclo precoce, médio e tardio. Em arroz, a variação do ciclo é uma função do tempo de duração da fase vegetativa, sendo que após a diferenciação do primórdio este período praticamente mantém-se inalterado (Counce et al., 2000). Esta afirmativa pôde ser confirmada no presente trabalho. Neste sentido, para fins de caracterização de genótipos, não há necessidade de utilizar as avaliações de floração 50% juntamente com o ciclo. Os genótipos mais tardios foram Agulhinha, Dourado, Chatinho, IPAM e a linhagem SC – 6, da Epagri, os quais atingiram 162 dias, seguidos pelas cultivares CICA 8, , Metica 1 e Oryzica1, com 156 dias e IR 8, com 155 dias da emergência à maturação. Segundo Fagundes et al. (2006), devido à posição geográfica e às condições climáticas com ocorrência de baixas temperaturas durante o ciclo de desenvolvimento do arroz irrigado, não existe registro de cultivares de ciclo tardio (acima dos 150 dias da emergência à maturação) para cultivo no Rio Grande do Sul, sendo, no entanto, recomendadas no estado de Santa Catarina.

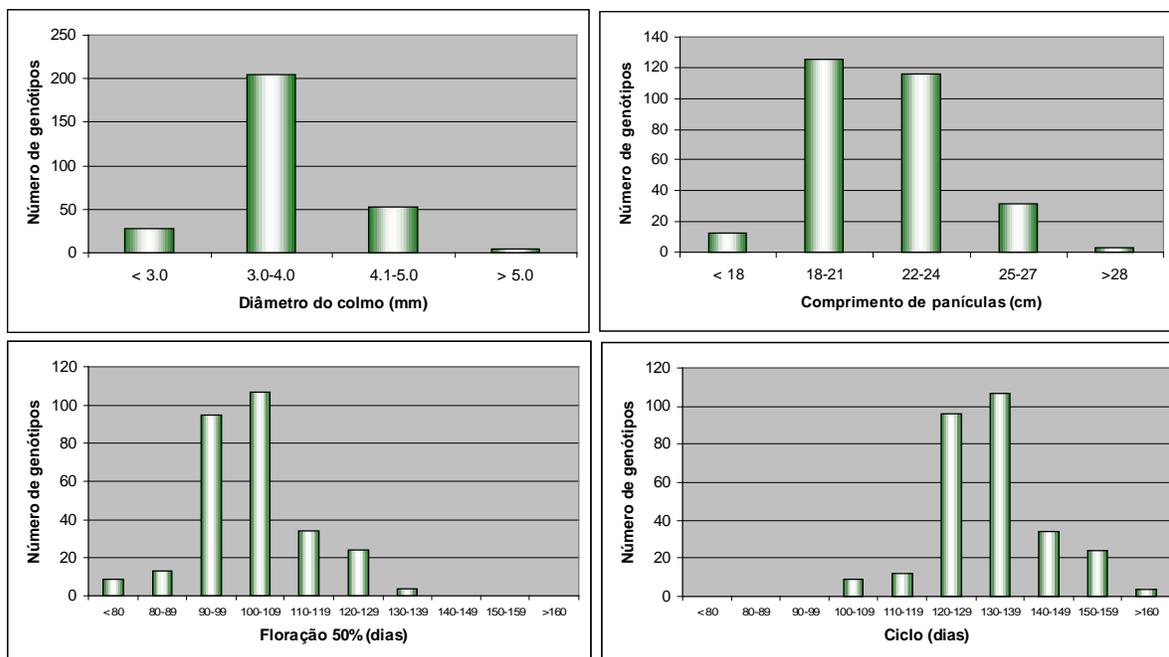


Figura 2 - Distribuição de freqüência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres diâmetro do colmo, comprimento de panícula, floração e ciclo. Pelotas/RS, UFPel -2007.

O caráter peso de panículas apresentou uma amplitude de 8,56 g (Tabela 1), sendo mínimo para genótipos de ciclo tardio, tais como Epagri 107, SCS BRS 113 e SC 170, estando relacionado a grande percentagem de esterilidade, bem como àqueles que apresentaram panículas pequenas com baixo número de grãos panícula<sup>-1</sup>, tais como Roxinho, BRS Ligeirinho, Arrank e Oro. O acesso denominado Brejolinha apresentou um peso de panículas de 1,64 g em função do seu peso de 1000 grãos, que ficou, na média, em 13,33 g. Este genótipo apresentou uma média de 144 grãos panícula<sup>-1</sup> e esterilidade de 17% (Tabela 2). O maior peso de panículas foi observado na cultivar EEA 405, que apresentou média de 9,96 g. A distribuição de freqüência deste caráter pode ser observada na Figura 3.

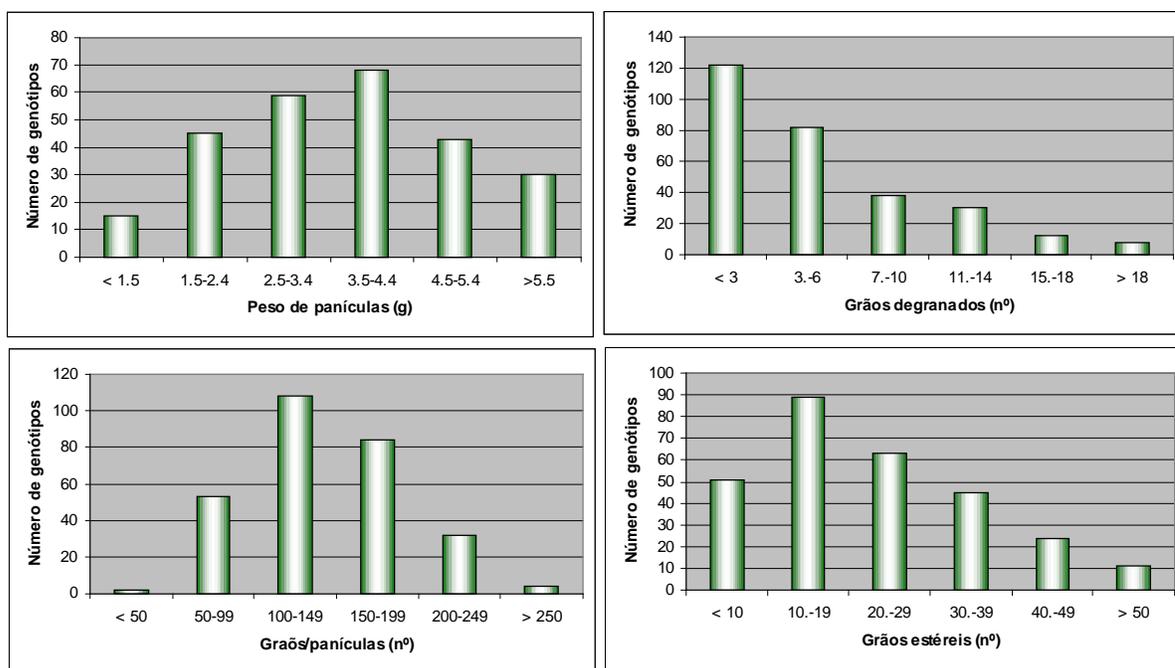


Figura 3 - Distribuição de freqüência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres peso de panículas, número de grãos degranados, por panícula e estéreis. Pelotas/RS, UFPel -2007.

O comportamento dos genótipos frente ao número de grãos degranados, por panícula e estéreis pode ser analisado na Tabela 2 e na Figura 3. O caráter degrane em arroz é mensurado pressionando-se com a mão a panícula e observando visualmente os grãos que se desprendem da mesma, sendo assim atribuídas notas de intensidade (IBPGR-IRRI, 1980). No presente trabalho adotou-se a metodologia descrita no Capítulo III, sendo contado o número de grãos degranados. Dos genótipos avaliados, 50% (144) apresentaram até três grãos degranados, o que significa aspecto favorável dentro da coleção. No processo de domesticação da espécie, o degrane tem sido intensamente modificado (Fonseca et al., 2006). Na Figura 3 pode-se observar a diminuição gradativa da freqüência do número de genótipos que apresentaram elevado degrane, sendo máximo (32 genótipos) para os genótipos antigos Agulha e

Carolina. Os genótipos que apresentaram menor debulha foram aqueles pertencentes ao grupo japônica (Arroz Chumbinho, Formosa, BRS Bojuru, Tomoe Mochi e Nourin Mochi), o que corrobora as observações descritas por Watanabe (1997).

Os genótipos avaliados para o caráter número de grãos/panícula apresentaram uma distribuição normal (Figura 3) segundo o Teste SW a 5% de significância (Tabela 2). Este caráter apresentou média de 153 grãos panícula<sup>-1</sup>. As cultivares do tipo moderno de arroz irrigado também apresentam números semelhantes a estes, sob condições adequadas de clima e manejo (Terres et al., 2004). No entanto, observa-se que existe variabilidade para o aumento deste caráter. Os genótipos que apresentaram maior número de grãos panícula<sup>-1</sup> foram os híbridos Avaxi e Tuno CL, seguidos pelas cultivares BRS Querência, BR Irga 413, Agulha Ligeiro e Carolina. Neste caráter deve-se relacionar o grau de esterilidade da panícula no critério de seleção da melhor fonte de genes para fins de escolha de genitores. A heterose obtida com os híbridos para este caráter confirma os trabalhos realizados por Virmani (1996). O incremento no rendimento de grãos pelas cultivares de porte moderno na década de 70, de 31,3 a 98,5%, comparadas com as cultivares de porte alto da década de 50, foi inicialmente devido ao incremento no número de panículas por metro quadrado de 67,5 a 77,7%, havendo pequena diferença no número de espiguetas e no peso de mil grãos (Li & Yuan, 2000). O incremento no rendimento de grãos foi de 11,2 a 32,1% em arroz híbrido, em relação às cultivares de auto-polinização de porte médio da década de 70, em virtude do incremento no número de espiguetas por planta de 18,0 a 30,9% e no peso de mil grãos de 9,2 a 12,0% (Lin, 1994). Os menores valores foram obtidos com

as cultivares de origem chilena Oro, Brilhante, Diamante e Âmbar, com 54, 54, 55 e 63 grãos panícula<sup>-1</sup>, respectivamente, seguido pelas cultivares super-precoces Arrank e BRS Ligeirinho (72 e 74 grãos panícula<sup>-1</sup>).

A esterilidade de espiguetas em arroz é um caráter fortemente influenciado pelo ambiente. Na região sul do Brasil o fator mais importante está relacionado à tolerância a baixas temperaturas durante o período reprodutivo. A distribuição de frequência dos genótipos avaliados pode ser observada na Figura 3. Os menores índices de esterilidade foram observados entre os genótipos do tipo japonico, com destaque para Meio Chumbinho, Japonês, Arroz Japonês, Formosa (até três grãos estéreis), sendo seguido pelo grupo utilizado como fonte de tolerância ao frio de origem chilena (Oro, Âmbar e Diamante). O maior número de grãos estéreis (acima de 50 grãos estéreis) ficou relacionado aos genótipos tardios (Chatinho – 162 dias; Cica 8, Oryzica 1, Metica 1 – 156 dias e IR 8 – 155 dias). Diante do exposto pode-se inferir que os resultados confirmam a grande contribuição do fator frio na percentagem de esterilidade de grãos. Os estresses abióticos influenciam de forma negativa a acumulação de biomassa, bem como o aproveitamento de grãos, afetando características fisiológicas e morfológicas das plantas. No caso de regiões de clima temperado, o frio é o fator mais prejudicial à planta de arroz, diminuindo sua produtividade, devido à esterilidade de espiguetas (Grover et al., 2001). Atualmente, mais de 80% das variedades cultivadas no mundo pertencem ao grupo indica, sendo, neste caso, sensíveis aos danos causados por temperaturas baixas. A temperatura ótima para a cultura do arroz encontra-se entre 25 e 30°C, entretanto, temperaturas abaixo de 18°C já são consideradas

prejudiciais (Nishiyama, 1995), condição esta observada durante a execução do presente trabalho.

As avaliações mensuradas para peso de 1000 grãos, comprimento, largura e espessura de grãos podem ser observadas na Figura 4. Dos 288 acessos avaliados, foram encontrados genótipos com todos os tipos de formato, sendo classificados em arredondados (Brejolinha), semi-arredondados (grupo ao qual pertencem Bolinha/catetinho, Âmbar, Arroz do Seco e BRS Bojuru – predominantemente genótipos japônicos), meio-alongada (grupo ao qual pertencem Agulha, Amarelo, Bico Preto, Bico Torto, Cana Roxa, Carolina, Douradão, Zenit e Tetep – predominantemente genótipos antigos de porte tradicional), alongados (grupo ao qual pertencem BRS 7 Taim, Avaxi, BR Irga 409, Br Irga 410, El Paso L 144, Irga 417, Cica 4, Cica 7, Cica 8, BRS Bonanza, Bluebelle, Lemont, Lebonnet, Lacassine, BRS Talento e BRS Maravilha – predominantemente variedades modernas de grão longo fino) e muito alongados (i.e., Epagri 107, Epagri 108, SCS BRS 111, SCS BRS 112, SCS BRS 113, Basmati 370).

Na Tabela 2, podem ser observados os valores médios, máximo, mínimo, desvio padrão, C.V., assimetria, curtose e Teste SW de distribuição normal para as dimensões dos grãos. O menor peso de 1000 grãos foi do genótipo denominado Brejolinha (13,3 g), enquanto que o genótipo Gigante apresentou 52,1 g. O menor comprimento também foi de Brejolinha (3,2 mm), sendo máximo para o genótipo Japonês Grande (8,1 mm). No caráter largura dos grãos obteve-se uma amplitude de 1,6 mm, sendo mínimo para Basmati 370 (1,8 mm) e máximo para Arbório e Carnaroli (3,4 e 3,3 mm, respectivamente). Na análise da espessura dos grãos observou-se pouca

variação entre os genótipos, sendo calculado um C.V. = 9,7%. A menor espessura foi encontrada na cultivar Farroupilha (1,8 mm) e a maior na linhagem Gigante (3,2 mm).

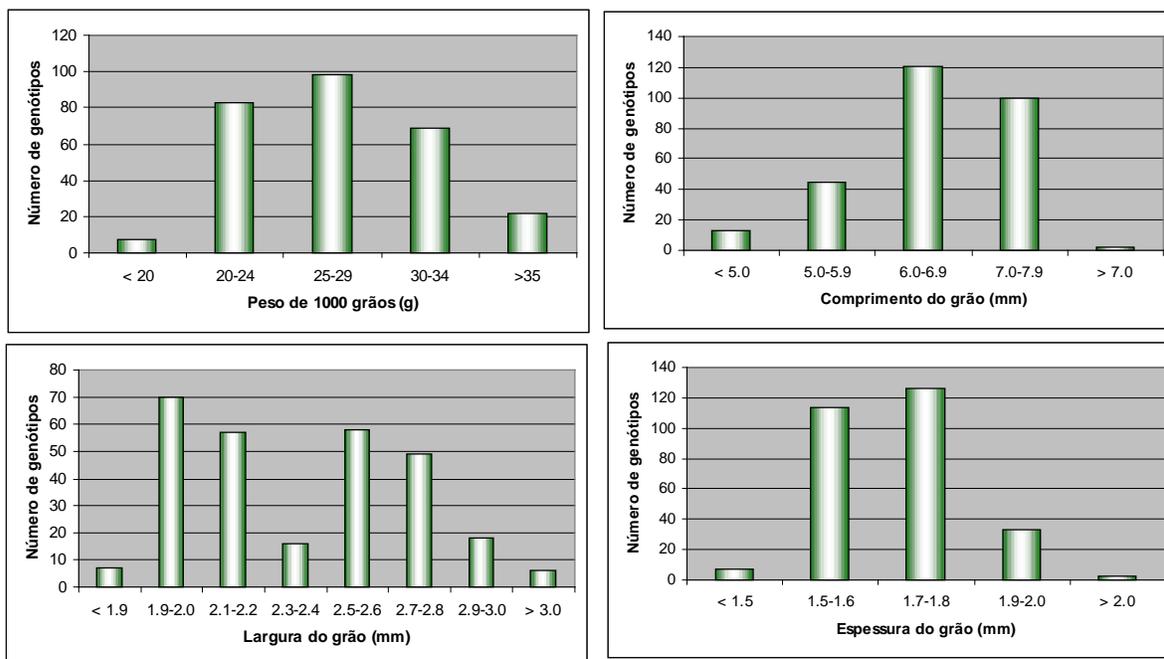


Figura 4 - Distribuição de freqüência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres peso de 1000 grãos, comprimento, largura e espessura de grãos. Pelotas/RS, UFPel -2007.

Na Figura 5 encontra-se a distribuição de freqüência dos genótipos quanto aos caracteres relação comprimento/largura (C/L) e rendimento de grãos. A relação C/L tem sido utilizada na seleção de grãos, sendo buscado o tipo grão “agulhinha”, onde a relação deve situar-se com valores próximos a três (Terres et al., 2004), por ser este a preferência do mercado nacional. Relações C/L abaixo deste valor são interessantes para os grãos curtos do tipo japonico, visando atender nichos especiais de mercado.

Quanto ao caráter rendimento de grãos, obteve-se uma média para todos os genótipos de 7,221 kg ha<sup>-1</sup>. A distribuição de freqüência dos genótipos

apresentou uma curva normal segundo o Teste SW (Tabela 2) em nível de 5% de probabilidade. Os genótipos que produziram menos estavam associados a alguma característica incomum ao ideotipo de plantas recomendadas para cultivo do sul do Brasil, tal como Purpuro (1071 kg ha<sup>-1</sup>) e Basmati 370 (1810 kg ha<sup>-1</sup>), ou associados ao ciclo longo, como Itaquí, Agulhinha Dourado Ipam, Cica 8 e SC 6). As maiores produtividades ficaram por conta do Gigante (14,578 kg ha<sup>-1</sup>), seguidos pela linhagem TF 448-4-2-3-1m-1-1a-8, das cultivares BRS Querência e Qualimax 13, e dos híbridos Tuno CL e Avaxi.

Na Figura 5 observa-se a uniformidade distribuição de frequência dos genótipos avaliados, sendo o coeficiente de assimetria de 0,001 e K= 0,443 (platicúrtica). Isto indica que nos extremos da curva normal encontram-se genótipos de elevado potencial produtivo e com porte moderno, bem como aqueles tradicionais antigos cujo potencial de rendimento de grãos é baixo. Na lavoura orizícola do Sul do Brasil, existem quatro tipos de arquitetura de plantas, denominados de tradicional, intermediário, moderno-filipino (semi-anã) e moderno-americano (Terres et al., 2004). Durante a década de 1980, houve um aumento significativo da produtividade do arroz irrigado no Brasil que, segundo Carmona et al. (1994), foi de 30%, o que corresponde a 2,65% ao ano no Rio Grande do Sul. Na década seguinte, este incremento foi reduzido para 1,6% no país (Ferreira & Mendez del Villar, 2004). Na primeira década, o aumento significativo da produtividade foi em parte representado pela substituição das cultivares tradicionais pelas cultivares de porte baixo, altamente responsivas à adubação nitrogenada (Morais et al., 2006). Atualmente, há fortes evidências de que os programas de melhoramento de arroz irrigado têm tido dificuldades de aumentar o potencial genético de

produtividade de grão das cultivares com arquitetura moderna. Breseghello et al. (1999), explorando dados de ensaios da Região Nordeste, conduzidos de 1984 a 1993, obtiveram ganhos de produtividade de apenas 0,77%. Santos et al. (1999), ampliando este trabalho (1981 a 1996), após a substituição das cultivares tradicionais pelas modernas, estimaram ganhos para produtividade não significativos.

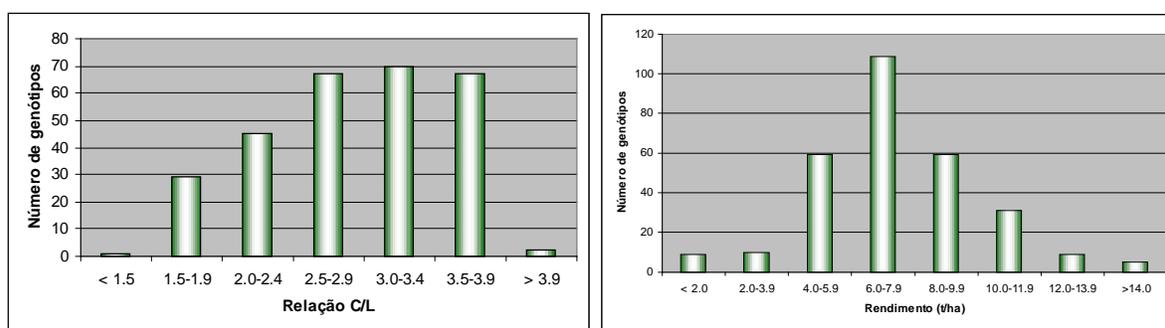


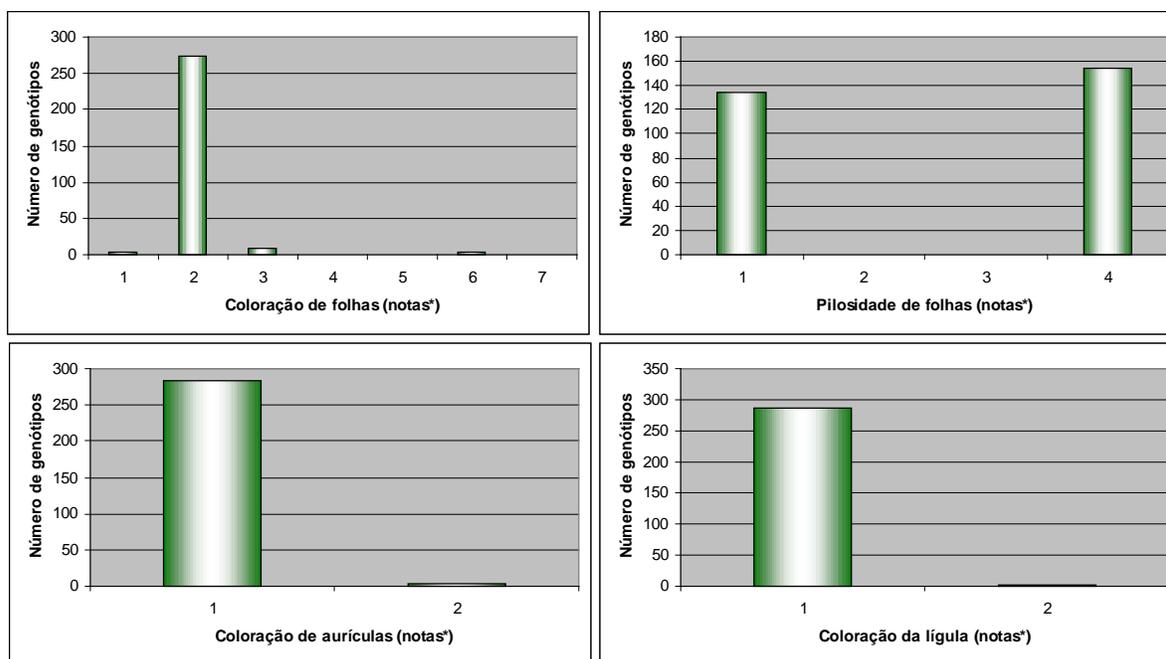
Figura 5 - Distribuição de freqüência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres relação comprimento/largura (C/L) e rendimento de grãos. Pelotas/RS, UFPel -2007.

#### 4.3.2. Caracteres Qualitativos

Na Figura 6 pode-se observar a distribuição de freqüência dos genótipos para os caracteres coloração e pilosidade de folhas, e coloração de aurícula e lígula. O caráter coloração de folhas, exceto àqueles genótipos cujas folhas apresentam pigmentação com antocianinas, é difícil de ser trabalhado. Nas tonalidades verde claro, verde e verde escuro (notas 1, 2 e 3) tem-se inúmeras variáveis que podem interferir no julgamento da análise, tais como adubação nitrogenada, luminosidade no momento da leitura, estresses ambientais

(bióticos e abióticos) e avaliador, entre outros. Foram atribuídas notas 1, para apenas quatro cultivares: Arrank, BRS Ligeirinho, Ligeirão e BRS Atalanta, coincidentemente, genótipos de ciclo super-precoce. Como verde escuro foram classificadas variedades do tipo moderno americano: BRS Firmeza, Lemont, Lacassine, Bluebonnete, além da variedade aromática Jasmine e da linhagem CL sel. 1293. Os genótipos Purpure, Zizânea e Roxinho apresentaram folhas com coloração púrpura.

No critério de avaliação do caráter pilosidade de folhas também ocorreu dificuldade na avaliação, sendo então adotadas simplesmente duas notas (1 – ausência e 4 – presença), uma vez que as notas intermediárias (2 – escassa e 3 – média), conforme IRRI (1980) e Fonseca et al. (2001), são de difícil percepção. Dos genótipos avaliados, 134 apresentaram folhas lisas e 154 tiveram folhas pilosas (Figura 6). Em arroz este caráter está relacionado com rusticidade, onde espécies silvestres, em geral, apresentam pilosidade foliar (Rangel, 1998). Atualmente, variedades modernas tendem a ter folhas lisas em função da menor abrasividade de máquinas na colheita e no beneficiamento industrial do arroz (Terres et al., 1998; Vieira & Rabelo, 2006).



\* coloração de folhas: 1. verde claro; 2. verde; 3. verde escuro; 4. púrpura na ponta; 5. púrpura na margem; 6. púrpura; 7. púrpura (bainha) – pilosidade de folhas: 1. ausente; 2. escassa; 3. média; 4. forte – coloração de aurículas: 1. verde claro; 2. púrpura – coloração da lígula: 1. incolor a verde; 2. púrpura.

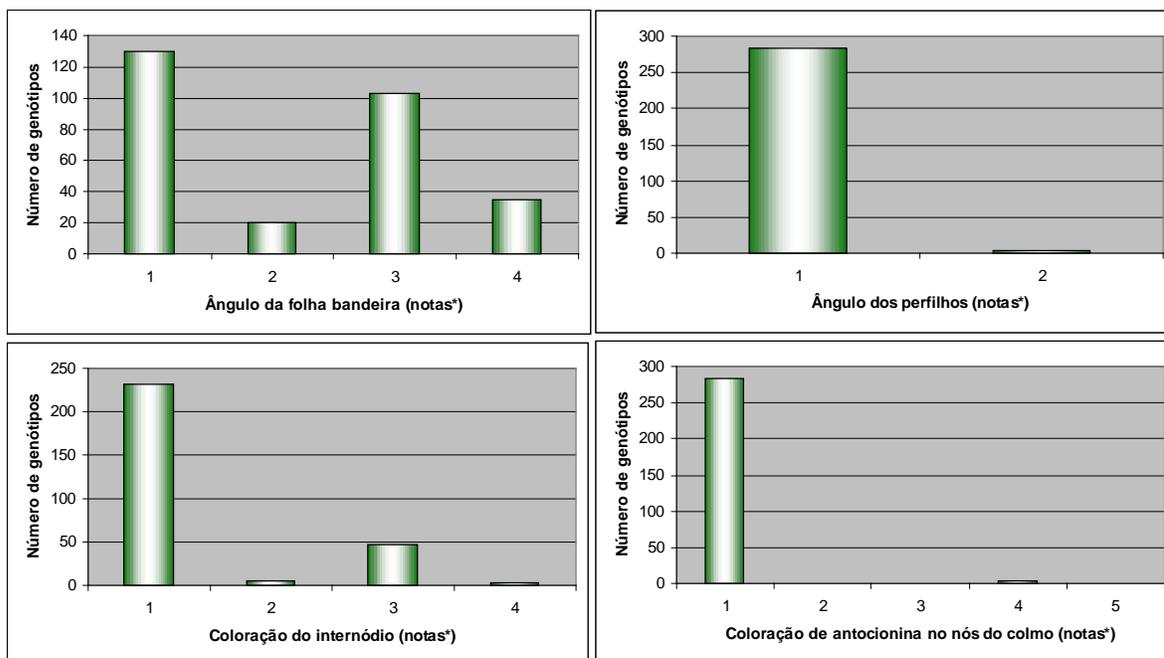
Figura 6 - Distribuição de freqüência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres coloração e pilosidade de folhas, e coloração de aurícula e lígula. Pelotas/RS, UFPel -2007.

Em relação à coloração de aurículas foi observado que 98,6% dos genótipos apresentaram aurículas verde claro, sendo púrpura os genótipos Arbório, Roxinho, Carnaroli e Purpure (Figura 6). Este caráter é pouco influenciado pelo ambiente, sendo, portanto, preciso na caracterização de genótipos de arroz. Situação semelhante pode ser observada para o caráter coloração da lígula (Figura 6), onde apenas três genótipos apresentaram coloração púrpura: “Zizânea”, Purpure e Roxinho, coincidentemente, os mesmos que apresentaram folhas púrpuras.

Na Figura 7 pode-se verificar a distribuição dos genótipos quanto ao ângulo de inclinação da folha-bandeira, sendo que 45,14% destes (130 genótipos) apresentaram nota 1 (ângulo ereto), ou seja, ângulo de inclinação menor que 30° em relação ao eixo vertical da planta de arroz. Folha bandeira horizontal (nota 3) foi observada em 35,76% dos genótipos avaliados (ângulo entre 61 e 90°). Em menor proporção, de 12,15% e 6,95%, foram classificados genótipos com folha-bandeira descendente (nota 4) e intermediária (nota 2), respectivamente. Conforme já mencionado no Capítulo III, variedades modernas apresentam folha-bandeira ereta para melhor captação da radiação solar e porte semi-anão. Estas variedades apresentam um conjunto de alterações morfológicas diferentes das tradicionais: redução no comprimento das folhas, ângulo de inserção ereto, redução altura do colmo e aumento do número de perfilhos. Evans et al. (1984) indicam que não ocorreram alterações nas taxas de crescimento ou de fotossíntese da cultura, em paralelo com o evidente aumento do índice de colheita e da produtividade, sendo estes benefícios decorrentes basicamente da maior transmissão de luz através da copa, derivada de folhas mais eretas. Um coeficiente de extinção entre 0,5 e 0,6 foi encontrado para os genótipos antigos, enquanto que as variedades de porte moderno apresentaram valores inferiores a 0,4 (Pinheiro, 2006).

Em relação ao ângulo dos perfilhos foram verificados apenas quatro genótipos com ângulo intermediário (Amarelo, Amarelão, Zizânia e Goyakuman Goku), não sendo encontrados genótipos com ângulo aberto. A grande maioria apresentou ângulo ereto (nota 1). Possivelmente, este caráter de ângulo aberto tenha sido indesejável durante o longo processo de domesticação da espécie

*O. sativa*, não sendo selecionado, o que pode ser constatado na fenotipagem da coleção em estudo.



\* ângulo da folha bandeira: 1. erecto – menor que 30° ; 2. intermediario – entre 31 e 60° ; 3. horizontal – entre 61 e 90° ; 4. descendente – maior que 90° - ângulo dos perfilhos: 1. erecto – menor que 30° ; 2. intermediario – entre 31 e 60° ; 3. aberto – maior que 60° - coloração do internódio: 1. verde claro; 2. dourado claro; 3. estrias púrpuras; 4. púrpura – coloração de antocianina nos nós do colmo: 1. ausente; 2. fraca; 3. média; 4. forte; 5. muito forte.

Figura 7 - Distribuição de freqüência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres ângulo da folha-bandeira e dos perfilhos, e coloração do internódio e de antocianina nos nós do colmo. Pelotas/RS, UFPel -2007.

Em relação à coloração do internódio foram encontrados todos os tipos de classes sugeridas por Fonseca et al. (2001) e IBPGR-IRRI (1980). Predominantemente foram observados genótipos com coloração verde clara (nota 1) em uma freqüência de 80,55% dos genótipos (Figura 7). Estrias púrpuras (nota 3) foram encontradas em 16,32% dos genótipos, dentre os quais pode-se destacar os híbridos Tuno CL e Avaxi, e as variedades antigas Cana Roxa, Mogi, Carolina, Nourin Mochi, Catetinho e Bico Preto. Este caráter

tem sido utilizado em diversos programas de melhoramento genético como marcador fenotípico na identificação de híbridos F1. Segundo Terres et al (2004), a presença de antocianina na bainha é um caráter dominante de herança simples, sendo, portanto, facilmente identificado em testes de progênie.

Na Figura 7 pode-se verificar que 98,61% dos genótipos não apresentaram antocianina nos nós do colmo, sendo que apenas Zizania, Arbório, Carnaroli e Roxinho mostraram forte pigmentação.

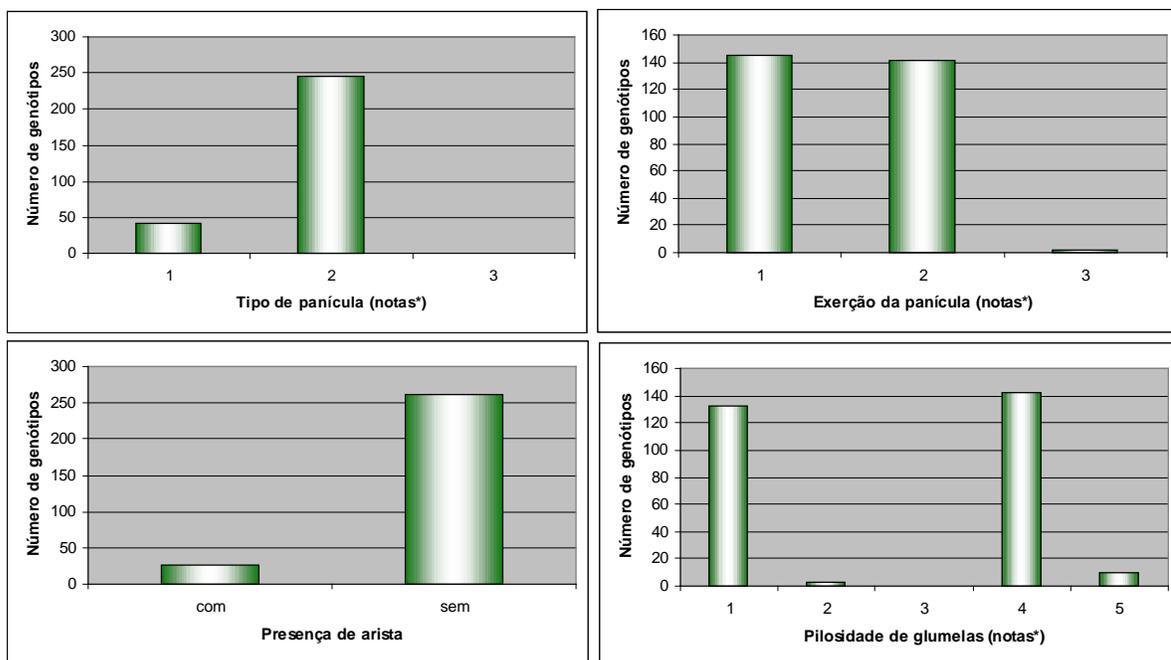
Em relação ao tipo de panícula de arroz, classificada em compacta, intermediária e aberta, notas 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 8), a grande maioria dos genótipos (85,42%) apresentou panícula intermediária. Os genótipos no qual as panículas encontravam-se mais fechadas corresponderam a cultivares de origem japonesa, tais como Bolinha/Catetinho, Amarelo Bico Preto, BRS Bojuru, Cachinho, Cateto, Formosa, Catetinho, Itaqui, Japonês, Moti, Japonês de Varzea, Nourin Mochi, Tomoe Mochi, Goyakuman Goku, lamada Nishiki, Sasanishiki, Mountainha 90 Dias, Zebu, Âmbrar e Oro. O conceito de panícula compacta descrito por Ishiy (2003) é diferente da classificação observada no presente trabalho. A panícula compacta relatada pelo autor diz respeito a panículas com mais de 500 espiguetas, como ferramenta para aumentar o potencial produtivo do arroz irrigado.

O caráter exerceção de panículas, observado na Figura 8, está diretamente relacionado ao número de espiguetas férteis possíveis na panícula. Em geral, as variedades modernas de arroz irrigado em cultivo no sul do Brasil foram classificadas como tendo exerceção média, onde o nó da panícula encontra-se distanciado de 1 a 5 cm da base da folha-bandeira. Os

genótipos antigos, bem como os de origem japônica, em geral apresentaram exposição completa da panícula (acima de 5 cm). Tem sido relatado que quanto maior a exposição da panícula melhor a adaptação do genótipo ao ambiente, sendo utilizado este caráter como indicativo de maior tolerância ao frio em arroz.

Durante o processo de cultivo e domesticação do arroz, a presença de arista tem sido gradativamente eliminada (Fonseca et al., 2006). Sua presença ainda encontra-se associada à rusticidade em espécies silvestres, como *O. glumaepatula*, *O. grandiglumis* e *O. alta* (Rangel et al., 1998). Na Figura 8 pode-se verificar que 262 dos genótipos avaliados (90,97%) não apresentaram aristas. Podem ser citadas as cultivares Farroupilha, Tomoe Mochi, Basmati 370, Itaqui, Bluebonnet 50 e Moti com presença de aristas compridas. A arista traz ao grão um fator de proteção ao ataque de predadores, mas por outro lado dificulta o plantio e a colheita mecanizada. Morfologicamente a arista em arroz encontra-se ligada à lema, que, por sua vez, juntamente com a pálea, formam a casca do grão (Magalhães Jr. et al., 2004).

Na Figura 8 pode-se observar a distribuição de frequência dos genótipos quanto à pilosidade das glumelas, sendo que 134 destes não apresentaram pilosidade (nota 1) e 154 apresentando pilosidade que variou de fraca, forte a muito forte. Foi observado 100% de correlação deste caráter com a pilosidade das folhas no presente trabalho. Os genótipos classificados como muito pilosos (nota 5) foram: Âmbar, Arbório, Bico Torto, Chatinho, Diamante, EEA 401, EEA 404, Fortuna Peludo e Gigante. Cultivares com casca pubescente são menos aceitas pelos cerealistas por serem mais abrasivas às máquinas durante o processo de beneficiamento (Viera & Rabelo, 2006).



\* tipo de panícula: 1. compacta; 2. intermediária; 3. aberta – exerceção da panícula: 1. completa - > 5 cm; 2. média - 1 até 5 cm; 3. justa – nó no mesmo nível da folha – presença de aristas: 1. presente; 2. ausente – pilosidade de glumelas: 1. ausente; 2. fraca; 3. média; 4. forte; 5. muito forte.

Figura 8 - Distribuição de frequência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres tipo e exerceção da panícula, presença de arista e pilosidade de glumelas. Pelotas/RS, UFPel -2007.

O caráter coloração do ápice na floração demonstrou ser um descritor preciso na caracterização dos genótipos nos dois anos de avaliação da coleção, sendo pouco influenciado pelo ambiente. Observa-se na Figura 9 que 191 dos genótipos (66,32%) não apresentaram pigmentação no ápice (nota 1). Dentre estes genótipos encontra-se a grande maioria das variedades modernas de arroz irrigado em cultivo no sul do Brasil, lançadas pelos programas de melhoramento genético de instituições públicas como a Embrapa Clima Temperado, o Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI), bem como variedades registradas por empresas privadas como Arrank, Sabore, Qualimax 1 e 13 e aquelas oriundas do INIA (Uruguai), como El Paso

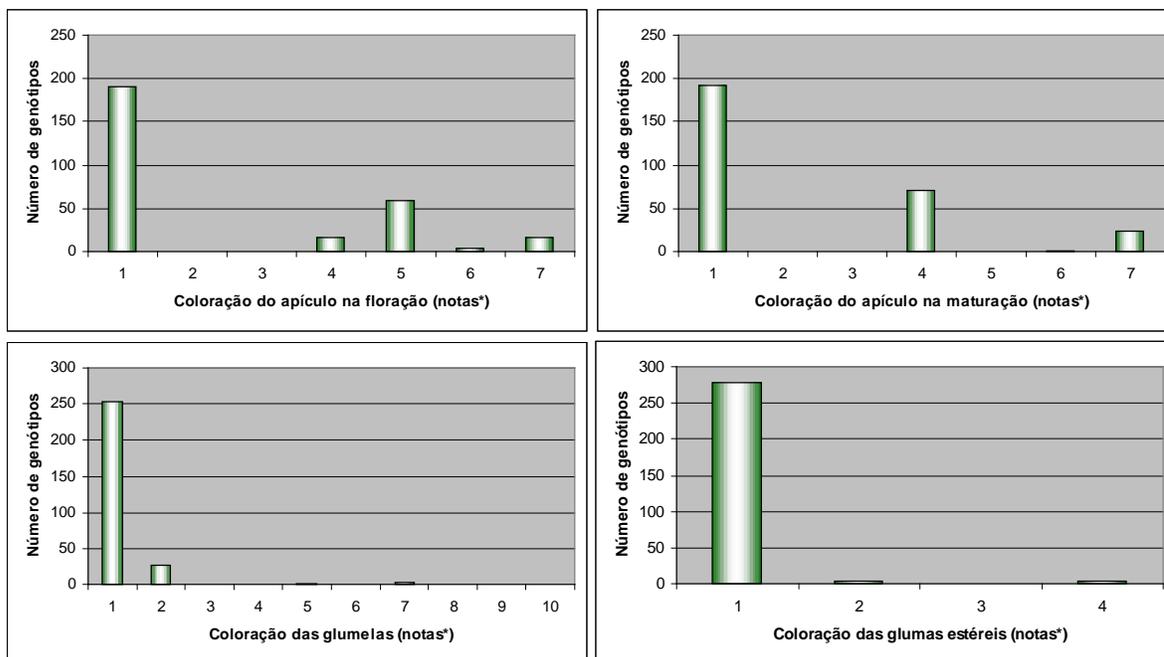
L-144, Taquari e Cuaró. Por outro lado, a classificação referente às notas 1, 2 e 3, respectivamente para coloração branca, amarela e verde sugerida pelo IBPGR-IRRI (1980), é de difícil visualização prática. Neste sentido, foram agrupadas estas três classes em uma (nota 1). A presença de coloração vermelha do ápice foi observada em 60 genótipos (20,83%), entre estes os híbridos Avaxi e Tuno CL e a variedade de sequeiro BRS Talento. Os genótipos Roxinho, Zizânia e Purpure apresentaram ápice de coloração púrpura (nota 6), sendo que ápice preto (nota 7) foi observado nos genótipos Amarelo Bico Preto, Fortuna Peluda, Cana Roxa, Bico Preto, Agulhão e Mogi, como exemplos. Na cultivar Mogi a intensidade de coloração é tão forte que chega a atingir até a metade da ponta das glumelas, sendo peculiar ao genótipo.

De maneira similar à exposta anteriormente, a coloração de ápices na maturação pode ser observada na Figura 9. Os genótipos que apresentaram ápice branco, amarelo ou verde na floração, mantém a mesma coloração na maturação. No entanto, aqueles de coloração vermelha na floração tornam-se marrons na maturação, e alguns de coloração púrpura tornam-se pretos.

Em relação à coloração das glumelas (Figura 9) observa-se que 254 genótipos estudados (88,19%) apresentam coloração amarelo-palha. Cultivares de arroz de casca clara são preferidos em relação aos de casca dourada ou com manchas ou estrias marrom, púrpura ou preta, pois estes pigmentos, quando presentes na casca do grão, tendem a passar para as camadas internas (pericarpo, tegumento, aleurona e endosperma), principalmente durante o processo de parboilização industrial do arroz (Viera & Rabelo, 2006). Por outro lado, atendendo a um nicho específico de mercado, o arroz colorido

cujo grão integral apresenta cor vermelha, púrpura ou preta, produzida por depósito de grandes quantidades de antocianina em diferentes camadas do pericarpo, do tegumento da semente e da camada de aleurona (Chaudhary & Tran, 2001) pode ser explorado junto ao mercado consumidor. Apresentaram coloração dourada de glumelas genótipos como Bluebelle, BR Irga 411, Dawn, Arroz do Seco, Amarelo Bico Preto, Amarelão, Douradão, Amarelinho, Agulha Amarelo, Agulha Ligeiro, Amarelo e Douradinho. Glumelas com estrias púrpuras foram observadas nos genótipos Arbório, Tuno CL, Roxinho, Carnaroli, Zizânia e Púrpure.

O caráter coloração das glumas estéreis pode ser verificado na Figura 9. Dos genótipos avaliados, 279 apresentaram glumas com coloração palha (96,87%). Apenas Arroz do Seco e Arroz Amarelo apresentaram coloração dourada (nota 2). Glumas de coloração púrpura (nota 4) foram observadas nos genótipos Arbório, Tuno CL, Roxinho, Carnaroli, Zizânia e Púrpure, a exemplo do caráter anteriormente mencionado coloração de glumelas. Apesar de se tratar de um caráter pouco influenciado pelo ambiente, a coloração das glumas estéreis apresenta certa dificuldade de avaliação, pois são estruturas pequenas, de difícil visualização a olho nu.



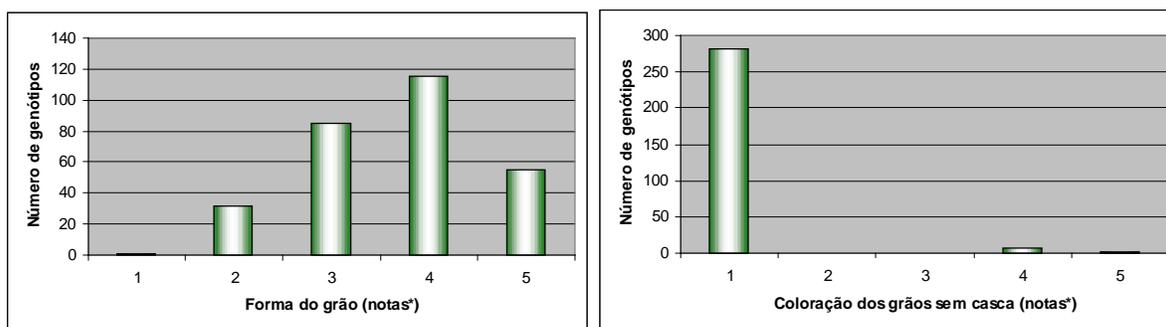
\* coloração do ápulo na floração e na maturação: 1. branca; 2. verde; 3. amarela; 4. marrom; 5. vermelho; 6. púrpura; 7. preta – coloração das glumelas: 1. amarelo-palha; 2. dourada; 3. manchas marrons; 4. estrias marrons; 5. marrom; 6. avermelhada; 7. manchas purpuras; 8. estrias purpuras; 9. púrpura; 10. preta – coloração das glumas estéreis: 1. palha; 2. dourada; 3. vermelha; 4. púrpura.

Figura 9 - Distribuição de freqüência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres coloração do ápulo na floração e maturação, coloração das glumelas e das glumas estéreis. Pelotas/RS, UFPel -2007.

A forma do grão é obtida através da relação entre o comprimento e a largura do grão, sendo então atribuídas notas, conforme a forma arredondada, semi-arredondada, meio alongada, alongada e muito alongada (Fonseca et al., 2001). A distribuição de freqüência dos genótipos quanto a este caráter pode ser verificada na Figura 10. Apenas o genótipo Brejolinha foi classificado como arredondado (nota 1). Na classe semi-arredondada encontram-se cultivares do tipo japônica, tais como BRS Bojuru, IAS 12 Formosa, Nourin Mochi. Em geral, as variedades antigas tradicionais foram classificadas quanto ao formato do grão em meio-alongadas. Entre estas se encontram os genótipos Carolina, Cana Roxa, Bico Torto e Farroupilha. Dos 288 genótipos avaliados, 115 (39,93%)

apresentaram formato alongado, cuja relação C/L situa-se entre 2,76 e 3,5. Neste grupo encontram-se as cultivares modernas de arroz irrigado recomendadas para cultivo no sul do Brasil. Segundo Viera & Rabelo (2006), no mercado brasileiro, cultivares com grãos longos e finos têm valor econômico cerca de 30% superior ao de cultivares com grãos longos. No formato muito alongado (nota 5) também encontram-se cultivares modernas em cultivo, tais como Empasc 108, Empasc 109, SCS BRS 111, SCS BRS 112, SCS BRS 113, Irga 417, Irga 422 CL, Qualimax 1, Qualimax 13, BRS Atalanta, BRS Pelota e BRS Querência.

A Figura 10 apresenta a distribuição de freqüência do caráter coloração do grão descascado. Coloração branca foi predominante na avaliação dos genótipos estudados (97,56%), sendo que apenas Reetz, Arroz da Terra, Cana Roxa Pelosa e Purpure apresentaram coloração vermelha. O genótipo Zizânia foi o único que apresentou coloração púrpura, bastante similar ao arroz vulgarmente denominado “arroz selvagem”, porém trata-se da espécie *O. sativa*.



\* forma do grão: 1. arredondada: c/l menor que 1,50; 2. semi-arredondada: c/l entre 1,50 e 2,00; 3. meio-alongada: c/l entre 2,01 e 2,75; 4. alongada: c/l entre 2,76 e 3,50; 5. muito-alongada: c/l maior que 3,50 – coloração dos grãos sem casca: 1. branca; 2. pardo-clara; 3. parda; 4. vermelha; 5. púrpura.

Figura 10 - Distribuição de freqüência de genótipos de arroz cultivados no sul do Brasil para os caracteres forma dos grãos e coloração dos grãos sem casca. Pelotas/RS, UFPel -2007.

#### 4.4. CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética entre os genótipos de arroz estudados, comprovada mediante a análise de caracteres morfológicos e fenométricos.

Os caracteres quantitativos comprimento da folha-bandeira, comprimento de panículas, número de grãos panícula<sup>-1</sup> e rendimento de grãos apresentaram estatisticamente distribuição normal, sendo grandes candidatos a futuros estudos de mapeamento associativo para esta população.

Os descritores utilizados mostraram-se adequados na fenotipagem dos genótipos de arroz, porém algumas classes de notas devem ser revistas para evitarem interpretações subjetivas.

#### 4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKITA, S. Aspectos ecofisiológicos relacionados ao aumento do potencial de rendimento biológico e comercial da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; RENAPA, 9., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo.** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1995. v.1, p.57-76. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 60).

BEACHELL, H.M.; KHUSH, G.G.; AQUINO, R.C. IRRIs international breeding program. In: IRRI (International Rice Research Institute). **Rice breeding**. Los Banos, Philippines. 1972. pág. 89-106.

BRANDÃO, S.S. **Cultura do arroz**. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, 1972. 194p.

BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P.H.N.; MORAIS, O.P. de. Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.3, p.399-407, mar.1999.

CARMONA, P.S.; TERRES, A.L.; SCHIOCCHET, M. Avaliação crítica dos projetos do PNP-Arroz na área de melhoramento genético no período de 1980 a 1990: Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: **A pesquisa de arroz no Brasil nos anos 80: avaliação crítica dos principais resultados**. EMBRAPA-CNPAF, 1994. p.269-275.

CHANG, T.T. The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of Asian and African rices. **Euphytica**, Dordrecht, v.25, n.2, p.425-441, 1976.

CHAUDHARY, R.C.; TRAN, D.V. Speciality rices of the world: a prologue. In: CHAUDHARY, R.C.; TRAN, D.V.; DUFFY, R. (eds). **Speciality rices of the world: breeding, production and marketing**. Enfield: Science; Rome: FAO, 2001. p. 3-12.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 436-443, 2000.

EVANS, L.T.; VISPERAS, R.M.; VERGARA, B.S. Morphological and physiological changes among rice varieties used in the Philippines over the last seventy years. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.8, n.1/2, p. 105-124, Fev. 1984.

FAGUNDES, P.R.; MAGALHÃES JR. A.M. de; FRANCO, D.F.; RANGEL, P.H.N.; NEVES, P.; HECKLER, J.C. Cultivares de arroz irrigado para o Brasil. In: MAGALHÃES JR. de, A.M.; GOMES, A. da S; SANTOS, A.B (eds). **Sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006, p.89-110. (Embrapa Clima Temperado: Sistema de Produção, 3).

FERREIRA, C.; MENDEZ DEL VILLAR, P. Aspectos da produção e do mercado do arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.25, n.222, p.11-18, abr. 2004.

FONSECA, J.R.; BRONDANI, C.; BRONDANI, R.P.V.; RANGEL, P.H.N. Recursos genéticos. In: **A cultura do arroz no Brasil**. SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (eds). 2 ed. ver. Ampl. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 285-320.

FONSECA, J.R.; CASTRO, E.M.; SILVEIRA, P.M. **Características botânicas e agronômicas de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 2001. 41p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 130).

GARRIS, A.J.; McCOUCH, S.R.; KRESOVICH, S. Population structure and its effects on haplotype diversity and linkage disequilibrium surrounding the *xa5* locus of rice (*Oryza sativa* L.). **Genetics**, Baltimore, v.165, n.2, p.759-769, 2003.

GROVER, A.; KAPOOR, A.; LAKSHMI, O.S.; AGARWAL, S.; SAHI, C.; KATIYAR-AGARWAL, S.; AGARWAL, M.; DUBEY, H. Understanding molecular alphabets of the plant abiotic stress responses. **Current Science**, Bangalore, India, v.80, n.2, p.206-216, 2001.

IBPGR-IRRI. Rice Advisory Committee. **Descriptors for rice, *Oryza sativa* L.** Los Baños: International Rice Research Institute, 1980. 21p.

ISHIY, T. Panícula compacta, multiespigueta e mutação induzida como ferramenta para aumentar o potencial produtivo do arroz irrigado em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25. Balneário Camboriu, SC. **Anais...** Itajaí -SC, EPAGRI, 2003. p.789-794.

IRRI. **International Rice Genebank.** Disponível em: <http://www.irri.org/science/cnyinfo/index.asp>. Acessado em:15/09/2006.

KHUSH, G.S. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.35, n.1/2, p. 25-34, Sept. 1997.

LI, J.; YUAN, L. Hybrid rice: breeding, and seed production. **Plant Breeding Reviews**, Canada, v. 17, p. 15-158, 2000.

LIN, J. Y. Impact of hybrid rice on input demand and productivity. **Agricultural Economic**, China, v. 10, n.2, p.153-164, 1994.

MAGALHÃES JR., A. M. de; TERRES, A.L.; FAGUNDES, P.R.R.; FRANCO, D.F.; ANDRES, A. Aspectos genéticos, morfológicos e de desenvolvimento de plantas de arroz irrigado. In: GOMES, A da S. e MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (eds.). **A cultura do arroz irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, EMBRAPA, 2004. pág. 143-160.

MAGALHÃES JR. A.M. de; FAGUNDES, P.R.; FRANCO, D.F. Melhoramento genético, biotecnologia e cultivares de arroz irrigado. In: MAGALHÃES JR. de, A.M.; GOMES, A. da S. **Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, p.13-33, 2003. (Embrapa Clima Temperado: Documentos, 113).

MORAIS, O.P. de; RANGEL, P.H.N.; FAGUNDES, P.R.R.; CASTRO, E.M.; NEVES, P.C.F.; CUTRIN, V.A.; PRABHU, A.S.; BRONDANI, C.; MAGALHÃES JR., A.M. de. Melhoramento genético. In: **A cultura do arroz no Brasil**. SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (eds). 2 ed. ver. Ampl. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 321-396.

NISHIYAMA, I. **Factors and mechanisms causing cool weather damage**. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. Science of the rice plant. Physiology. Food and Agriculture Polyce Research Center, Tóquio, v. 2, p. 776-793, 1995.

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

PETRINI, J.A.; FRANCO, D.F. Sistemas de cultivo: pré-germinado, transplante de mudas e mix. In: MAGALHÃES JR. de, A.M.; GOMES, A. da S; SANTOS, A.B (eds). **Sistema de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006, p.139-155. (Embrapa Clima Temperado: Sistema de Produção, 3).

PINHEIRO, B.S. Características morfológicas da planta relacionadas à produtividade. In: **A cultura do arroz no Brasil**. SANTOS, A.B.; STONE, L.F.;

VIEIRA, N.R.A. (eds). 2 ed. ver. Ampl. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 231-284.

RANGEL, P.H.N. **Origem e evolução do arroz. Goiânia:** EMBRAPA-CNPAP, 1998. Não paginado. Palestra apresentada no I Curso Internacional de Melhoramento Genético de Arroz, Goiânia, mar. 1998.

SANTOS, P.G.; SOARES, P.C.; SOARES, A.A.; MORAIS, O.P. de; CORNÉLIO, V.M. de O. Avaliação do progresso genético obtido em 22 anos no melhoramento do arroz irrigado em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.10, p.1889-1896, out.1999.

SILVA, M.V. Elementos para a história do arroz no Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.4, n.39, p.19-23, 1950.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria, RS: SOSBAI, 2005.159p.

SYSTAT. System statistics. Copyright © 2002 SYSTAT Software Inc. Disponível em : <http://www.systat.com/products/Systat/>. Acessado em: 05/09/2006.

TERRES, A.L.; FAGUNDES, P.R.R.; MACHADO, M.O.; MAGALHÃES JR., A.M. de; NUNES, C.D.M. **Melhoramento genético e cultivares de arroz irrigado**. In: GOMES, A da S. e MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (eds.). A cultura do Arroz Irrigado no Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, EMBRAPA, 2004. pág. 161-235.

TERRES, A.L.; GALLI, J.; FAGUNDES, P.R.R.; MACHADO, M.O.; MAGALHÃES JR., A.M. DE; MARTINS, J.F.; NUNES, C.D.M.; FRANCO, D.F.; AZAMBUJA, I.H.V. **Arroz irrigado no Rio Grande do Sul: generalidades e**

**cultivares.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 58p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 14).

VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R.R. Qualidade tecnológica. In: **A cultura do arroz no Brasil.** SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (eds). 2 ed. ver. Ampl. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 969-1006.

VIRMANI, S. S. Hybrid rice. **Advance Agronomy**, San Diego, v. 57, p.377-462, 1996.

WATANABE, Y. Genomic constitution of Genus Oryza. In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. (Ed.) Science of the rice plant. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. v.3. p.29-68.

YOSHIDA, S. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute: Manila. 1981. 269p.

**TABELA 1** – Estatística descritiva para os caracteres quantitativos altura de plantas, comprimento do colmo, comprimento da folha bandeira, largura da folha bandeira, espessura do colmo, comprimento de panícula, floração 50%, ciclo e peso de panícula. Pelotas/RS, UFPel -2007.

	Altura de plantas (cm)	Compr. Colmo (cm)	Compr. folha (cm)	Largura folha (mm)	Espessura colmo (mm)	Compr. panícula (cm)	Floração 50% (dias)	Ciclo (dias)	Peso panícula (g)
Nº de casos	288	288	288	288	288	288	288	288	288
Mínimo	68.000	48.000	16.000	4.000	2.300	16.000	73.000	101.000	1.400
Máximo	173.300	150.000	44.000	20.700	5.500	28.300	132.000	162.000	9.960
Diferença	105.300	102.000	28.000	16.700	3.200	12.300	59.000	61.000	8.560
Mediana	109.350	90.500	29.000	16.000	3.550	21.700	103.000	133.000	3.740
Média	111.235	90.595	29.013	16.041	3.590	21.681	102.743	132.812	3.923
Erro Padrão	1.675	1.648	0.336	0.123	0.031	0.141	0.669	0.667	0.080
Desvio Padrão	28.429	27.976	5.698	2.081	0.526	2.388	11.357	11.318	1.365
Variância	808.221	782.629	32.467	4.331	0.276	5.701	128.972	128.097	1.863
C.V.	0.256	0.309	0.196	0.130	0.146	0.110	0.111	0,085	0,348
Assimetria	0.241	0.22	0.205	-0.808	0.427	0.186	0.012	-0.029	1.381
Curtose (K=0,263)	-1.344	-1.356	-0.325	3.364	0.574	-0.008	0.105	0.140	3.220
Estatística SW	0.920	0.920	0.992	0.961	0.984	0.991	0.984	0.984	0.909
SW Valor de P	0.000	0.000	0.133	0.000	0.003	0.060	0.003	0.003	0.000



## **5 – CAPÍTULO IV**

### **DISTÂNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO EM EXPERIMENTOS CONDUZIDOS A CAMPO E EM CASA-DE-VEGETAÇÃO**

#### **5.1. INTRODUÇÃO**

Em um programa de melhoramento genético, é de fundamental importância que o melhorista conheça bem o germoplasma disponível, tanto em relação ao desempenho individual dos diferentes tipos agronômicos, como também a respeito da capacidade de combinação e da variabilidade genética existente (distância genética). A estimativa do desempenho individual dos genótipos, normalmente, é a medida de mais fácil aferição em programas de melhoramento. Entretanto, o direcionamento de combinações híbridas com base apenas no comportamento médio dos caracteres de importância

agronômica pode ocasionar dificuldade para obter populações segregantes geneticamente variáveis (Vieira et al., 2005).

A estimativa de distância genética, acompanhada pela utilização de estatísticas multivariadas, tem se revelado promissora pela possibilidade de reunir diversas variáveis em apenas uma análise. Entre as principais técnicas multivariadas empregadas como critério para escolha de genitores estão as medidas de distância genética com base em caracteres fenotípicos. A utilização da distância genética entre os genótipos é apontada como uma forma de prever a variabilidade genética entre os híbridos (Cruz & Regazzi, 2001). Entretanto, aliado aos estudos de distância também é necessário que os genótipos destinados a hibridações associem elevado desempenho individual e aspectos de adaptabilidade e estabilidade para produtividade nos caracteres de interesse. Atendidos estes requisitos, existe grande possibilidade de seleção de genótipos transgressivos, devido à ocorrência de heterose e à ação de genes dominantes e complementares (Carvalho et al., 2001); visto que genótipos com elevada produtividade, porém distantes geneticamente, podem apresentar locos distintos controlando o caráter e expressando elevada capacidade de combinação.

O inconveniente das avaliações baseadas na manifestação dos caracteres fenotípicos diz respeito à elevada influência do ambiente, dependendo do caráter e da espécie avaliada, o que pode reduzir a precisão das estimativas de parâmetros genéticos quantitativos, revelando a necessidade da avaliação dos genótipos em mais de um ambiente e/ou ano, sendo tão mais segura quanto maior o número de ambientes e/ou anos avaliados. No entanto, o emprego de caracteres fenotípicos em estudos de

distância genética é um dos procedimentos mais utilizados pelos melhoristas de plantas, pois estas informações são continuamente obtidas nos testes para caracterização e avaliação da adaptabilidade, estabilidade e potencial de produtividade. Estudo de distância genética podem ser encontrados em espécies como algodão (Marani & Avieli, 1973), aveia (Vieira et al., 2005), feijão (Machado et al., 2002), milho (Boppenmaier et al., 1993), trigo (Barbosa Neto et al., 1996; Máric et al., 2004; Bertan, 2005) e arroz (Zimmer et al., 2003; Martins et al., 2005; Areias et al., 2006).

A análise da distância genética, em qualquer espécie vegetal, pode ser dividida de forma simplificada em seis fases: i) escolha dos genótipos a serem analisados; ii) obtenção e sistematização dos dados; iii) definição da medida de similaridade ou distância a ser estimada; iv) escolha do método de agrupamento e/ou de dispersão gráfica a ser aplicado; v) verificação do grau de distorção provocado pelo método de agrupamento ou dispersão gráfica e vi) interpretação dos resultados (Cruz & Carneiro, 2003). Dentre os procedimentos estatísticos mais utilizados na estimativa da distância genética com base em caracteres fenotípicos, está a distância generalizada de Mahalanobis  $D^2$  e a distância Euclidiana (Cruz & Regazzi, 2001), sendo que a primeira oferece vantagem por levar em consideração o efeito do ambiente e a possibilidade de correlação entre os caracteres; porém, necessita de ensaios experimentais com repetições. A partir destas metodologias de cálculo da distância genética, Cruz e Regazzi tem reproduzido variações de modelos matemáticos que estimam formas variadas na representação do grau de coincidência com que os distintos pares de genótipos apresentam no conjunto de variáveis mensuradas em um experimento. Estes modelos estão constantemente sendo

atualizados em um programa estatístico disponibilizado para uso público, denominado GENES (Cruz, 2006). Estando o pesquisador de posse das estimativas de distância entre cada par de genótipos estudado, os dados são apresentados em uma matriz simétrica, a partir desta, a visualização e interpretação das distâncias pode ser facilitada pela utilização de um método de agrupamento e/ou dispersão gráfica.

Os métodos de agrupamento têm por finalidade separar um grupo original de observações em vários subgrupos, de forma a obter homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os subgrupos formados. Dentre estes métodos, os hierárquicos e os de otimização são os empregados em maior escala pelos melhoristas de plantas. Nos métodos hierárquicos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, sendo estabelecido um dendrograma, sem preocupação com o número ótimo de grupos. Nos métodos de otimização, os grupos são estabelecidos aperfeiçoando determinado critério de agrupamento, diferindo dos métodos hierárquicos pelo fato de os grupos formados serem mutuamente exclusivos (Cruz & Regazzi, 2001). No método de otimização proposto por Tocher, é adotado o critério de manter a distância média intragrupos sempre inferior a qualquer distância intergrupos (Rao, 1952).

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi estimar a distância genética entre as cultivares de arroz irrigado lançadas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado, com base em distintos caracteres fenotípicos e descritores agrônômicos, em experimentos a campo e em casa-de-vegetação, e recomendar genótipos promissores para serem utilizados em programas de melhoramento genético como forma de incrementar a

variabilidade fenotípica e oportunizar a seleção de progênies superiores geneticamente.

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram empregados 16 genótipos de arroz irrigado: IAS 12 Formosa, BR Irga 409, BR Irga 410, BR Irga 411, BR Irga 412, BR Irga 413, BR Irga 414, BRS 6 “Chuí”, BRS 7 “Taim”, BRS Ligeirinho, BRS Agrisul, BRS Bojuru, BRS Firmeza, BRS Atalanta, BRS Pelota e BRS Querência. Estes genótipos foram lançados pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado e representam constituições genéticas superiores da espécie *Oryza sativa* L.

Para avaliação fenotípica dos genótipos utilizados no estudo, foram conduzidos experimentos a campo e em casa-de-vegetação. Nas duas condições experimentais foram mensurados vinte e quatro caracteres, sendo dezesseis considerados quantitativos: altura de planta, comprimento do colmo, comprimento da folha-bandeira, largura da folha-bandeira, espessura do colmo, comprimento da panícula, ciclo vegetativo, peso de panícula, número de grãos degranados, número de grãos por panícula, número de grãos estéreis, peso de mil grãos, comprimento de grãos sem casca, largura de grãos sem casca, espessura do grão sem casca, relação de comprimento por largura do grão; e, oito considerados qualitativos, representados por descritores morfológicos de arroz: cor da folha, pubescência da folha, ângulo da folha-bandeira, tipo de

panícula, exerceção da panícula, pubescência das glumelas, coloração das glumelas e forma do grão.

A campo, o delineamento experimental empregado foi o de blocos completos casualizados com três repetições, sendo as parcelas compostas por quatro fileiras de 5 m com espaçamento de 0,17 m entre linhas. A área útil da parcela foi constituída pelos 4 m centrais das duas fileiras internas. A densidade de semeadura foi de 125 kg ha<sup>-1</sup>, sendo utilizada uma semeadora mecânica de parcelas, em sistema convencional de plantio. A adubação de base foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (5-20-20) e mais 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado no início do afilhamento. O controle de ervas daninhas foi realizado através da aplicação de herbicidas recomendados para a cultura do arroz irrigado (Sosbai, 2005). Não houve necessidade de controle de pragas e doenças. O sistema de manejo de água utilizado foi o irrigado com inundação permanente.

O experimento em casa-de-vegetação foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições, sendo cada parcela composta por um balde contendo cinco plantas. Nesta situação, todas as plantas foram utilizadas para coleta dos dados. O solo colocado nos baldes foi coletado da área de pesquisa do campo experimental da Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, sendo representativo ao cultivo de arroz irrigado (hidromórfico). A este foi utilizada uma adubação de base de 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (5-20-20) sendo aplicado em cobertura no início do afilhamento 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de uréia. Após o estágio V4, foi aplicada lâmina de água permanente nos baldes. Não houve controle químico de invasoras, insetos e doenças.

Os dados dos caracteres qualitativos que exibiram classes distintas no conjunto dos genótipos avaliados foram utilizados para estimativa da distância genética, de acordo com o coeficiente R de dissimilaridade genética (Cruz, 2006), sob três distintos procedimentos: i) dos caracteres aferidos a campo; ii) dos caracteres aferidos em casa-de-vegetação e; iii) da análise conjunta dos dois experimentos. Desta forma, foram obtidas três matrizes de distâncias de Mahalanobis (D2). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa computacional GENES (Cruz, 2006). Com base nas matrizes de distâncias genéticas geradas, foram construídos três dendrogramas, utilizando o método de agrupamento das médias das distâncias (UPGMA). Para a estimativa do ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma gerado, foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (r) (Sokal & Rohlf, 1962), utilizando o programa computacional NTSYS pc 2.1 (Rohlf, 2000) (Figura 1).

Os dados dos caracteres fenotípicos foram submetidos à análise de variância univariada (Tabela 2), e posteriormente às médias dos genótipos foram empregadas para estimar a distância generalizada de Mahalanobis (D2) entre todos os pares de genótipos. A partir das médias padronizadas, a distância genética dos caracteres fenotípicos foram analisadas em três distintos procedimentos: i) dos caracteres aferidos a campo; ii) dos caracteres aferidos em casa-de-vegetação e; iii) da análise conjunta dos dois experimentos. Desta forma, foram obtidas três matrizes de distâncias de Mahalanobis (D2). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa computacional Genes (Cruz, 2006). Com base nas matrizes de distâncias genéticas geradas, foram construídos três dendrogramas, utilizando o método de agrupamento das médias das distâncias (UPGMA). Para a estimativa do ajuste entre a matriz de

dissimilaridade e o dendrograma gerado, foi calculado o coeficiente de correlação cogenética ( $r$ ) (Sokal & Rohlf, 1962), utilizando o programa computacional NTSYS pc 2.1 (Rohlf, 2000) (Figura 2).

A partir das distintas estimativas de distância genética, as matrizes de dados foram utilizadas para cálculo da correlação (associação) entre as mesmas. Para este cálculo foi empregado o teste de comparação de matrizes de Mantel, com 1000 permutações (Mantel, 1967), utilizando o programa computacional NTSYS pc 2.1 (Rohlf, 2000) (Tabela 3).

### **5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 1 estão os dados dos caracteres qualitativos, mensurados em dezesseis genótipos de arroz avaliados a campo e em casa-de-vegetação. Em análise preliminar dos dados pode ser observado comportamento similar entre as mensurações realizadas nos dois experimentos, indicando reduzida participação do ambiente de cultivo na expressão da maioria dos caracteres avaliados, exceto para tipo de partícula (TP). Em termos genéticos isto já era esperado, pois caracteres que expressam reduzido número de classes fenotípicas por ocasião da recombinação gênica, como é o caso da maioria dos descritores de arroz que fazem parte do presente estudo, são conhecidos como de herança qualitativa, e teoricamente sofrem menor participação dos efeitos de ambiente.

De modo geral, os genótipos estudados revelaram diferenças em todos os caracteres descritores de arroz, onde foi observado no mínimo a presença de duas classes fenotípicas distintas. Do total de caracteres empregados, o tipo de panícula (TP) e a coloração das glumelas (CG) foram os que menos diferenciaram os genótipos. Para TP, as mensurações de campo revelaram que a maioria dos genótipos apresentou característica intermediária, excetuando IAS 12 Formosa e BRS Bojuru, com panículas compactas. Entretanto, em casa-de-vegetação somente o genótipo BR Irga 409 foi classificado como panícula intermediária (nota 2). Já para o caráter CG, somente o BR Irga 411 se apresentou distinto em relação aos demais genótipos, independente do ambiente avaliado, o que demonstra elevada similaridade entre as constituições genéticas empregadas no estudo (Tabela 1).

Em relação ao comportamento dos genótipos frente aos caracteres considerados quantitativos, a análise de variância revelou diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) para todas as variáveis estudadas (Tabela 2). De imediato, isto indica a presença de variabilidade genética entre os distintos genótipos avaliados e possibilita a inclusão dos referidos caracteres nos estudos de distância genética. Diferentemente do observado para os caracteres qualitativos, a análise dos quadrados médios para a fonte de variação de ambiente permitiu verificar diferenças para a maioria dos caracteres, exceto espessura do colmo (EC), espessura do grão sem casca (EGSC) e relação de comprimento e largura dos grãos (C/L), indicando elevada participação do ambiente na expressão desta classificação de caracteres. Estes dados podem ser justificados pelo fato de serem caracteres controlados

por elevado número de genes, o que resulta em maior número de classes fenotípicas e favorece a maior participação dos efeitos do ambiente. É possível constatar ainda a presença de interação genótipo x ambiente nos caracteres altura de planta (AP), comprimento do colmo (CC), comprimento da panícula (CP), ciclo vegetativo (CV), peso de panícula (PP), comprimento da panícula (CP), número de grãos degranados (NGD) e número de grãos por panícula (NGP). O comportamento diferenciado dos genótipos estudados, constatado pela presença de interação frente aos efeitos dos distintos ambientes empregados, implica na necessidade de ampliar o número de avaliações (locais e/ou anos) visando aumentar a confiabilidade dos dados destes caracteres, de forma que quanto maior o número de locais ou anos de repetições, melhor será a credibilidade na caracterização dos genótipos.

Ainda na Tabela 2, a média geral dos genótipos, obtida para cada caráter e considerando os dois ambientes, revela comportamento similar de desempenho da maioria das cultivares de arroz indicadas para cultivo pelos agricultores da região sul do Brasil. Pelo fato dos genótipos amostrados neste trabalho pertencerem ao banco ativo de germoplasma de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado, já era esperado que o desempenho dos mesmos se mantivesse na média geral da região tradicional de cultivo do arroz irrigado, entretanto, a presença de variabilidade genética dentro deste conjunto de genótipos afirma a possibilidade de existirem genes distintos controlando os caracteres avaliados, e que estes podem ser explorados nos programas de melhoramento genético de arroz como forma de incrementar a variabilidade genética e oportunizar a seleção de indivíduos recombinantes superiores. Estas inferências, bem como as demais realizadas no presente trabalho,

possuem elevada precisão experimental, pelo fato dos coeficientes de variação (CV, em porcentagem), não ultrapassarem a 20%, exceto o número de grãos por partícula que apresentou a maior variação experimental (NGP = 21,14).

O estudo da variabilidade genética entre os dezesseis genótipos de arroz empregados pode ser visualizada de forma ainda mais efetiva (posteriormente à análise univariada) a partir da análise visual dos dendrogramas das Figuras 1, 2 e 3. Estes dendrogramas representam as estimativas individuais e conjunta de distância genética dos genótipos, por meio do emprego da análise simultânea dos caracteres avaliados nos dois ambientes. A principal vantagem da utilização desta ferramenta está na possibilidade de reunir diversas variáveis em apenas uma análise, onde o resultado é a visualização de uma figura que representa o grau de similaridade ou dissimilaridade que os genótipos possuem. A utilização da distância genética entre os genótipos é apontada na literatura como forma de prever a variabilidade genética entre possíveis combinações híbridas (Cruz & Regazzi, 2001). Entretanto, aliado aos estudos de distância também é necessário que os genótipos destinados a hibridações associem elevado desempenho individual e aspectos de adaptabilidade e estabilidade para produtividade de grãos ou outros caracteres de interesse do melhorista. Atendidos estes requisitos, existe grande possibilidade de seleção de genótipos transgressivos, devido à ocorrência de heterose e à ação de genes dominantes e complementares (Carvalho et al., 2001); visto que genótipos com elevada produtividade, porém distantes geneticamente, podem apresentar locos distintos controlando o caráter e expressando elevada capacidade de combinação. Em arroz, a estimativa de distância genética tem sido empregada em grande escala pelos

pesquisadores. A utilização de caracteres morfológicos e dos componentes do rendimento e qualidade de grãos, aliada ao emprego de diferentes tipos de marcadores moleculares, tem sido grandemente empregada para este propósito (Zimmer et al., 2003; Martins et al., 2005; Areias et al., 2006).

A partir da análise visual da Figura 1, pode ser verificada certa uniformidade na distribuição dos grupos de genótipos em relação aos três dendrogramas representativos da distância genética individual dos caracteres qualitativos, tanto mensurados a campo, em casa-de-vegetação, quanto na análise conjunta de ambos. Isto é indicativo da existência de um padrão bem definido quando da seleção destas constituições genéticas, acentuando a uniformidade para esta classificação de caracteres. A partir da divisão de grupos de genótipos definida pela similaridade média (a), os caracteres qualitativos mensurados a campo, em casa-de-vegetação e na média dos dois ambientes, propiciaram a formação de quatro grupos distintos. No grupo com maior número de genótipos é possível verificar a existência de genótipos que representam perfeita similaridade genética (distância genética igual a zero), independente do ambiente avaliado. Este sub-grupo, dentro do grande grupo de mais similares, é composto por BR Irga 412, BR Irga 413, BR Irga 414, BRS 6 Chuí, BRS 7 Taim e BRS Firmeza. Levando em consideração que estes fazem parte de um único programa de melhoramento genético, desde o desenvolvimento dos processos de melhoramento até a indicação como novas cultivares, é possível afirmar, com grande segurança, que os mesmos apresentam genes similares controlando a manifestação fenotípica dos caracteres qualitativos avaliados como descritores em arroz. O genótipo BRS Agrisul, quando avaliado em casa-de-vegetação, também fez parte do sub-

grupo de genótipos com similaridade igual a zero, porém, a campo e na análise conjunta este se apresentou separadamente. Além do BRS Agrisul, os genótipos BRS Ligeirinho, BRS Atalanta e BRS Querência diferem dos mais similares, porém, participam do mesmo agrupamento pelo critério da similaridade média (a). Quando o objetivo for recomendar cruzamentos artificiais entre os genótipos mais divergentes, a partir dos caracteres qualitativos é possível indicar a combinação de quaisquer genótipos pertencentes ao grande grupo descrito anteriormente com o BRS Irga 411, BRS Irga 409, IAS 12 Formosa ou BRS Bojuru e BRS Irga 410 ou BRS Pelota, que pertencem a grupos distintos na análise da distância genética.

A inclusão do ideotipo na análise da distância genética revelou que o grande grupo de genótipos classificados como os mais similares, incluindo aqueles de similaridade igual a zero, fazem parte do “Background” considerado como ideal pelos critérios dos melhoristas de arroz. Desta forma, quando se deseja disponibilizar genitores potenciais para geração de populações segregantes com variabilidade genética superior nos caracteres qualitativos em arroz, deve-se dar preferência pela inclusão destes genótipos, que são próximos do ideotipo. Contudo, como forma de ampliar a seleção de indivíduos em classes fenotípicas distintas, deve-se então optar pela inclusão de genótipos de grupos distintos revelados na análise de distância genética. Os coeficientes de correlação cofenética dos dendrogramas A, B e C (0,72; 0,75 e 0,73 respectivamente), revelaram ajuste adequado entre as representações gráficas das distâncias e a suas matrizes originais (Rohlf, 2000), o que indica confiabilidade nas inferências realizadas por meio da avaliação da Figura 1.

Quando a distância genética foi estimada a partir dos caracteres fenotípicos (Figura 2), os dendrogramas resultantes da análise individual a campo, em casa-de-vegetação e da análise conjunta de ambos os ambientes, revelou a formação de dois grupos bem definidos de genótipos. O primeiro grupo ficou definido somente pelos genótipos IAS 12 Formosa e o BRS Bojuru. O restante dos genótipos empregados no estudo resultaram na formação do segundo grande grupo, caracterizado por apresentar reduzida variabilidade genética. Os dois genótipos do primeiro grupo ficaram reunidos pelo fato de serem constituições genéticas pertencentes ao grupo de grão japonico. A IAS 12 Formosa possui tolerância às baixas temperaturas do ar, que ocorrem principalmente na zona sul do RS, durante o período reprodutivo das plantas. Em Taiwan, de onde é originária, ela é denominada Kaoshiung 21. Esta cultivar foi introduzida pelo Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Sul, do Ministério da Agricultura (atual Embrapa Clima Temperado), e liberada para o cultivo no Rio Grande do Sul, em 1972. Possui ciclo ao redor de 135 dias, da emergência à maturação, grãos curtos e vítreos, com casca pilosa, de cor clara-ouro e sem aristas. As plantas têm altura média de 105 cm e, por isso, são sensíveis ao acamamento quando cultivadas em solo com alta fertilidade. A cultivar BRS Bojuru foi desenvolvida a partir de uma planta híbrida, possivelmente oriunda de cruzamento natural, existente em uma população da cultivar japonesa TY 12, tendo sido selecionada pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado. Esta cultivar apresenta plantas de folhas semi-eretas, de superfície pilosa, de porte intermediário, grão curto, de casca clara pilosa, semi-aristado e destaca-se

pela sua estabilidade na produção de grãos, devido à sua boa tolerância ao frio na fase reprodutiva.

O agrupamento incluindo todos os demais genótipos, com elevada similaridade genética entre si, pode ser interpretado pelo fato dos genótipos terem sofrido forte pressão de seleção pelos melhoristas, com objetivo de disponibilizar um biótipo de planta considerado ideal em arroz, fator que pode ter ocasionado estreitamento na variabilidade genética para caracteres quantitativos, como por exemplo o rendimento de grãos, seus componentes diretos e indiretos, resistência a pragas e moléstias, etc. Segundo Terres et al. (2004) no desenvolvimento de uma cultivar de arroz irrigado para a região sul do Brasil, são consideradas pelos programas de melhoramento características importantes, como o potencial produtivo; a qualidade industrial, comercial e culinária do grão; tipo de grão; ciclo biológico; altura da planta; reação a doenças e insetos; reação ao frio, à toxicidade por ferro e à salinização do solo e da água. Em síntese, a cultivar deve ter produtividade alta e estável, com tipo e qualidade intrínseca de grãos que atenda as necessidades e preferências dos beneficiários (produtor, industrial, consumidor) do arroz. Com isto, foi inevitável que, na busca destes caracteres nos genótipos utilizados na lavoura arroz irrigado gaúcha, tenham sido selecionados genes similares. No Brasil, observou-se que as cultivares de arroz irrigado mais cultivadas são oriundas do cruzamento de sete variedades ancestrais, que são responsáveis por cerca de 81% do conjunto gênico. Especificamente no Rio Grande do Sul, apenas seis ancestrais (Deo-geo-woo-gen, Cina, Lati Sail, I Geo Tze, Mong Chim Vang A e Belle Patna) contribuem com 86% dos genes das variedades de arroz mais plantadas (Rangel et al., 1996). Historicamente, os cruzamentos realizados nos

diferentes programas de melhoramento de arroz concentraram-se na utilização de germoplasma cultivado. O processo de domesticação levou a uma pronunciada redução da diversidade genética dos descendentes cultivados do arroz, levando a um afunilamento da base genética (Sonnante et al., 1994). A variabilidade genética das cultivares propicia escalonamento de colheita e reduz riscos de ataque de doenças e pragas, e de danos causados por fatores abióticos, como frio, granizo, toxicidade por ferro e salinidade (Terres et al., 2004). A descoberta do gene *sd-1*, responsável pelo porte baixo (semi-anão) em arroz é o maior exemplo de utilização de uma mesma fonte genética, representada pela variedade indica tropical IR8, selecionada do cruzamento entre Peta e a variedade Dee-geo-woo-gen. Os estudos revelaram que tratava-se de uma herança simples recessiva (Beachell et al., 1972). A inclusão desta característica nos genótipos de arroz provocou a denominada “Revolução Verde” no arroz, pois possibilitou um incremento na produtividade fundamentada principalmente no alto perfilhamento e na resposta a elevados níveis de adubação nitrogenada. Na década de 1980, experimentou-se um aumento espetacular da produtividade do arroz irrigado no Brasil, de 30%, o que correspondeu a 2,65% ao ano, no Rio Grande do Sul, o Estado maior produtor. Na década seguinte, este crescimento, embora significativo, reduziu para 1,6%, no país. Na primeira década, o aumento significativo da produtividade foi em parte representado pela substituição das cultivares tradicionais pelas cultivares de porte baixo, altamente responsivas à adubação nitrogenada, processo iniciado na década de 1970 (Carmona et al., 1994).

Esta nova arquitetura de planta permitiu elevar o potencial de produtividade do arroz, com os lançamentos das cultivares BR IRGA 409 e BR

IRGA 410 no Rio Grande do Sul. Esse tipo de planta caracteriza-se pela baixa estatura, alto perfilhamento, colmos fortes e folhas eretas e verde-escuras, características estas extremamente efetivas no aumento da produtividade das áreas cultivadas com arroz (Terres et al., 1998). Atualmente, mais de 60% da área mundial é coberta por cultivares semi-anãs. No Rio Grande do Sul, as variedades tradicionais são, atualmente, muito pouco cultivadas. Persistem apenas nas comunidades mais tradicionais e, em nível nacional, são pouco relevantes para o abastecimento do mercado interno (Terres et al., 2004).

Ainda na Figura 2, o ideotipo criado para os caracteres quantitativos, independentemente do ambiente avaliado, ficou incluído no grande grupo de genótipos definidos pelo critério da similaridade média. Os genótipos BRS Firmeza, BR Irga 411 e o BRS Querência na maioria das vezes se apresentaram junto aos mais próximos do ideotipo, sugerindo que possuem genes considerados ideais para uso em programas de melhoramento de arroz. Desta maneira, cruzamentos considerados promissores para geração de populações segregantes superiores nos caracteres agronômicos quantitativos poderão ser obtidos pela combinação dos genótipos mais próximos do ideotipo (BRS Firmeza, BR Irga 411 e o BRS Querência) com aqueles mais distantes no estudo de distância genética, como IAS 12 Formosa e BRS Bojuru. Entretanto, para a composição dos blocos de cruzamentos, além da distância genética, o melhorista deve sempre observar os genitores que apresentam médias elevadas nos caracteres de maior interesse em seu programa de melhoramento, para que, além da presença de variabilidade genética, as populações segregantes revelem maior número de indivíduos geneticamente superiores (segregantes transgressivos). Os coeficientes de correlação

cofenética dos dendrogramas A, B e C (0,90; 0,88 e 0,93 respectivamente), revelaram um bom ajuste entre as representações gráficas da distância genética e a suas matrizes originais (Rohlf, 2000), o que indica confiabilidade nas inferências realizadas por meio da avaliação visual da Figura 2.

A análise de distância genética obtida de forma conjunta, considerando os experimentos a campo e em casa-de-vegetação, incluindo também as duas classificações de caracteres (qualitativos e quantitativos), revelou ampla variabilidade genética entre os genótipos estudados (Figura 3), porém não representou a realidade de distância genética esperada entre as cultivares, anteriormente verificada nas Figuras 1 e 2. Esta estimativa deveria oferecer vantagens pela maior abrangência dos dados obtidos pelo melhorista em seus experimentos, e que elevaria a qualidade da amostragem do genoma dos genótipos estudados. Entretanto, possui inconveniente quando o objetivo for a análise individual de problemas específicos pela ausência de variabilidade genética, fato que afirma a grande utilidade das informações individualizadas apresentadas anteriormente neste trabalho. A inclusão de caracteres qualitativos juntamente com os quantitativos, ao invés de ser mais informativo para a análise revelou distorções, possivelmente devido a diferença de magnitude das variáveis em comparação. A formação de quatro grupos distintos pela similaridade média, na análise conjunta, apresenta discordância na discriminação dos agrupamentos formados pelos dezesseis genótipos estudados quando em comparação com as análises individuais. O ideotipo, neste caso, formou grupo isolado em relação aos demais genótipos, entretanto, apesar da elevada distância genética, manteve ligação inicialmente com IAS 12 Formosa, BRS Pelota e BRS Querência. Desta forma, estas três constituições

genéticas são indicadas como prioritárias para compor blocos de cruzamentos em combinação com quaisquer genótipos pertencentes aos demais grupos, desde que apresentem médias elevadas nos caracteres de importância agronômica.

A avaliação dos distintos genótipos de arroz em duas condições de ambiente, bem como a análise de caracteres tanto qualitativos como quantitativos isoladamente, auxilia no entendimento das possíveis afinidades que alguns genótipos podem revelar em situações de ambiente específico. Neste sentido, a existência de comportamento diferenciado dos genitores frente às variações de ambiente e classes de caracteres testadas neste trabalho propiciou estimativas de coeficientes de correlação variando de elevada à reduzida magnitude (Tabela 3). As matrizes de distância genética entre os genótipos com base nos caracteres qualitativos aferidos a campo ( $Dg(QC)$ ), em casa-de-vegetação ( $Dg(QCV)$ ) e na análise conjunta dos dois ambientes ( $Dg(QC \times QCV)$ ), evidenciaram associação elevada entre si ( $Dg(QC) \times Dg(QCV) = 0,91$ ;  $Dg(QC) \times Dg(QC \times QCV) = 0,97$  e  $Dg(QCV) \times Dg(QC \times QCV) = 0,98$ ), indicando que possivelmente a avaliação destes caracteres poderá ser realizada efetivamente sob apenas um dos critérios. Da mesma maneira, as matrizes de distância estimadas com base nos caracteres quantitativos aferidos nos distintos ambientes também revelaram elevada associação entre si e com a análise conjunta de ambos. Porém, quando foram correlacionadas as matrizes de distância das duas classificações de caracteres, com aquelas resultantes das duas variações de ambiente, os coeficientes de correlação foram de magnitude intermediária. Isto comprova que a participação do ambiente, acompanhado das interações genéticas reveladas pelos distintos

genótipos avaliados, exerce influência diferenciada para os caracteres qualitativos em comparação aos quantitativos, devendo-se principalmente pelos fatores genéticos relacionados à herança dos mesmos. Em relação às comparações das estimativas de distância genética obtidas individualmente, com aquela gerada a partir da análise conjunta de todas as técnicas, nenhum coeficiente de correlação revelou-se significativo. Esta ausência de associação é um indicativo de que estas técnicas abrangem regiões diferentes do genoma, e quanto melhor a amostragem dos genótipos, pela avaliação de um maior número de caracteres, maior será a confiabilidade nas análises de distância genética. Contudo, isto pode inviabilizar o estudo de grupos específicos de caracteres ou ambientes, devendo o melhorista lançar mão de análises individualizadas conforme foi apresentado no presente estudo.

#### **5.4. CONCLUSÕES**

Existe pouca variabilidade genética entre as cultivares de arroz irrigado lançadas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado dentro do grupo indica, com base nos caracteres avaliados para estimar a distância genética entre os genótipos.

O método de estimativa da distância genética utilizado, baseado na matriz de distâncias de Mahalanobis ( $D^2$ ), mostrou-se adequado no agrupamento dos genótipos utilizando apenas caracteres qualitativos e quantitativos isoladamente.

Há evidências de que a avaliação dos caracteres qualitativos poderá ser realizada efetivamente tanto a campo como em casa-de-vegetação, o que também é válido para os caracteres quantitativos isoladamente.

## 5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AREIAS, R.G.B.M.; PAIVA, D.M.; SOUZA, S.R. & FERNANDES, M.S. Similaridade genética de variedades criolas de arroz, em função da morfologia, marcadores RAPD e acúmulo de proteína nos grãos. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.19-28, 2006.

BARBOSA NETO, J.F.; SORRELLS, M.E.; CISAR, G. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of parentage and RFLP-based estimates of genetic relationship. **Genome**, Montreal, v.39, n.6, p.1142–1149, 1996.

BEACHELL, H.M.; KHUSH, G.G.; AQUINO, R.C. IRRIs international breeding program. In: International Rice Research Institute. **Rice Breeding**. Los Banos, Philippines. 1972. pág. 89-106.

BERTAN, I. Distância genética como critério para escolha de genitores em programas de melhoramento de trigo (*Triticum aestivum* L.). Pelotas, 2005. 93p. **Dissertação** (Mestrado). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Universidade Federal de Pelotas.

BOPPENMAIER, J.; MELCHINGER, A.E.; SEITZ, G.; et al. Genetic diversity for RFLPs in European maize inbreds. III. Performance of crosses within versus

between heterotic groups for grain traits. **Plant Breeding**, v.111, p.217–226, 1993.

CARMONA, P.S.; TERRES, A.L.; SCHIOCCHET, M. Avaliação crítica dos projetos do PNP-Arroz na área de melhoramento genético no período de 1980 a 1990: Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: **A pesquisa de arroz no Brasil nos anos 80: avaliação crítica dos principais resultados**. EMBRAPA-CNPAF, 1994. p.269-275.

CARVALHO, F.I.F; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; MARCHIORO, V.S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: Editora e gráfica da UFPel, 2001. 99p.

CRUZ, C. D. e REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. UFV, 2001. 390p.

CRUZ, C.D. e CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas**. Editora, UFV, Viçosa, 2003, 585p.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa : UFV, 2006. 442p.

MACHADO, C.F.; SANTOS, J.B.; NUNES, G.H.S. et al. Choice of common bean parents based on combining ability estimates. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.25, n.2, p.179-183, 2002.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, Chestnut, v.27, n.2, p.209-220, 1967.

MARANI, A. e AVIELI, E. Heterosis during the early phases of growth in intraspecific and interspecific crosses of cotton. **Crop Science**, Madison, v.13, p.15-18, 1973.

MÁRIC, S.; BOLARÍ C, S.; MARTIN, C.I.C., et al. Genetic diversity of hexaploid

wheat cultivars estimated by RAPD markers, morphological traits and coefficients of parentage. **Plant Breeding**, Berlin, v.123, n.4, p.366-369, 2004.

MARTINS, A.F.; ZIMMER, P.D.; OLIVEIRA, A.C. et al. Variabilidade para caracteres morfológicos em mutantes de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.6, p.1215-1223, 2005.

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.

RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Wiley, 1952. 390p.

ROHLF, F. J. **NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.1**. Exeter Software, New York, 2000.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria, RS: SOSBAI, 2005.159p.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, Berlin, v.11, n.1, p.30-40, 1962.

SONNANTE, G.; STOCKTON, T.; NODARI, R.O. Evolution of genetic diversity during the domestication of common-bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Theoretical Applied Genetics**, New York, v.89, p.629-635, 1994.

TERRES, A.L.; FAGUNDES, P.R.R.; MACHADO, M.O.; MAGALHÃES JR., A.M. de; NUNES, C.D.M. Melhoramento genético e cultivares de arroz irrigado. In: GOMES, A da S. e MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (eds.). **A cultura do Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. pág. 161-235.

TERRES, A.L.; GALLI, J.; FAGUNDES, P.R.R.; MACHADO, M.O.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. DE; MARTINS, J.F.; NUNES, C.D.M.; FRANCO, D.F.; AZAMBUJA, I.H.V. **Arroz irrigado no Rio Grande do Sul: generalidades e cultivares**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 58p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 14).

VIEIRA, E.A.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C; BENIN, G.; ZIMMER, P.D.; SILVA, J.A.G. da; MARTINS, A.F.; BERTAN, I.; SILVA, G.O. da; SCHMIDT, D.A.M. Comparação entre medidas e distância genealógica, morfológica e molecular em aveia em experimentos com e sem a aplicação de fungicida. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.51-60, 2005.

ZIMMER, P.D.; OLIVEIRA, A.C.; CARVALHO, F.I.F.; KOPP, M.M.; FREITAS, F.A. de; MATTOS, L.A.T. de. Dissimilaridade genética em arroz de sequeiro sob encharcamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.3, p.201-206, 2003.

**TABELA 1.** Caracteres qualitativos (descritores) avaliados em 16 genótipos de arroz irrigado, em experimentos a campo e em casa-de-vegetação. Pelotas/RS, UFPel -2007.

Ambiente	Genótipo	Caracteres *							
		CF	PF	AFB	TP	EP	PG	CG	FG
Campo	IAS 12 Formosa	2	4	3	1	1	4	1	2
Campo	BR Irga 409	2	4	1	2	2	4	1	4
Campo	BR Irga 410	2	4	1	1	2	4	1	4
Campo	BR Irga 411	2	1	2	1	1	1	2	4
Campo	BR Irga 412	2	1	1	1	2	1	1	4
Campo	BR Irga 413	2	1	1	1	2	1	1	4
Campo	BR Irga 414	2	1	1	1	2	1	1	4
Campo	BRS 6 Chuí	2	1	1	1	2	1	1	4
Campo	BRS 7 Taim	2	1	1	1	2	1	1	4
Campo	BRS Ligeirinho	1	1	1	1	1	1	1	4
Campo	BRS Agrisul	2	1	1	1	2	1	1	4
Campo	BRS Bojuru	2	4	3	1	1	4	1	2
Campo	BRS Firmeza	3	1	1	1	1	1	1	4
Campo	BRS Atalanta	1	1	1	1	1	1	1	4
Campo	BRS Pelota	2	4	1	1	2	4	1	4
Campo	BRS Querência	2	1	2	1	2	1	1	4
Casa-de-vegetação	IAS 12 Formosa	2	4	3	1	1	4	1	2
Casa-de-vegetação	BR Irga 409	2	4	1	2	2	4	1	4
Casa-de-vegetação	BR Irga 410	2	4	1	2	2	4	1	5
Casa-de-vegetação	BR Irga 411	2	1	2	2	1	1	2	4
Casa-de-vegetação	BR Irga 412	2	1	1	2	2	1	1	4
Casa-de-vegetação	BR Irga 413	2	1	1	2	2	1	1	4
Casa-de-vegetação	BR Irga 414	2	1	1	2	2	1	1	4
Casa-de-vegetação	BRS 6 Chuí	2	1	1	2	2	1	1	4
Casa-de-vegetação	BRS 7 Taim	2	1	1	2	2	1	1	4
Casa-de-vegetação	BRS Ligeirinho	1	1	1	2	2	1	1	4
Casa-de-vegetação	BRS Agrisul	2	1	1	2	2	1	1	4
Casa-de-vegetação	BRS Bojuru	2	4	2	1	1	4	1	2
Casa-de-vegetação	BRS Firmeza	3	1	1	2	2	1	1	4
Casa-de-vegetação	BRS Atalanta	1	1	1	2	2	1	1	5
Casa-de-vegetação	BRS Pelota	2	4	1	2	2	4	1	4
Casa-de-vegetação	BRS Querência	2	1	2	2	2	1	1	4

\*CF- Cor da Folha (1=verde claro; 2=verde; 3=verde escuro); PF- Pubescência da Folha(1=ausente; 4=forte); AFB- Ângulo da Folha-bandeira(1=ereto; 2=intermediário; 3=horizontal; 4=descendente); TP- Tipo de Panícula (1=compacta; 2=intermediária); EP- Exerção da Panícula(1=completa; 2=média); PG- Pubescência das Glumelas(1=ausente; 4=forte.); CG- Coloração da Glumelas(1=amarelo-palha; 2=dourada); FG- Forma do Grão(2=semi-arredondada; 4=alongada; 5=muito alongada).

**TABELA 2.** Resumo das análises de variância conjunta para os caracteres fenotípicos utilizados para estimar a distância genética entre 16 cultivares de arroz e o ideotipo avaliados neste estudo, Pelotas/RS, UFPel -2007.

FV (GL)	Quadrado Médio (QM)							
	AP	CC	CFB	LFB	EC	CP	CV	PP
QM Genótipos (16)	336,75*	381,90*	37,19*	18,54*	1,32*	25,81*	691,79*	1,99*
QM ambiente(1)	654,00*	1010,96*	156,33*	9,09*	0,02	31,57*	2733,17*	13,94*
QM G X A (16)	20,66*	26,20*	6,49	0,34	0,14	1,80*	28,21*	0,80*
QM resíduo (64)	3,50	3,53	6,97	0,32	0,08	0,92	5,30	0,12
Média	83,85	62,49	27,96	14,10	3,91	22,09	86,33	3,40
CV (%)	2,23	3,00	9,44	4,04	7,58	4,34	2,66	10,33

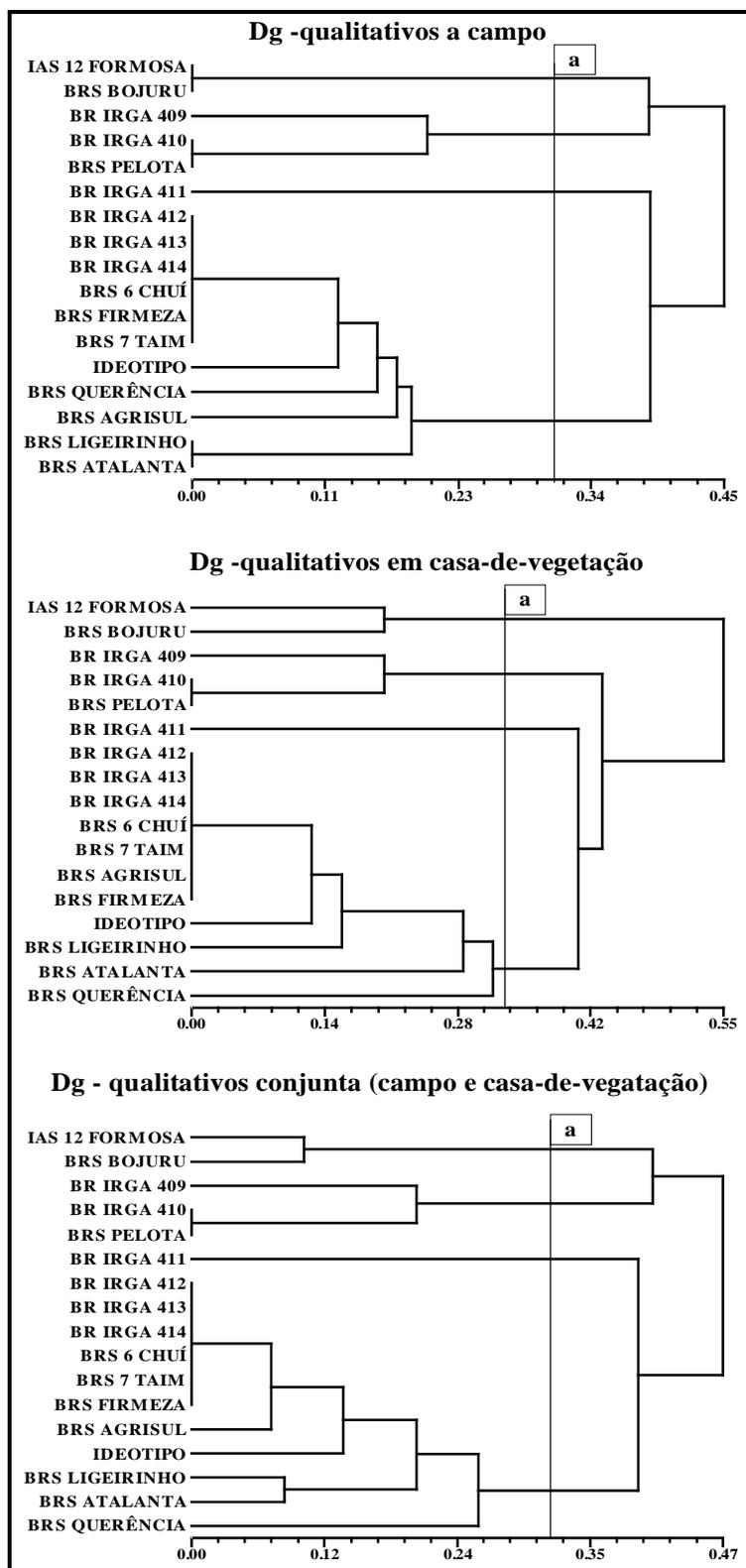
FV (GL)	Quadrado Médio (QM)							
	NGP	NGD	NGE	PMG	CGSC	LGSC	EGSC	C L <sup>-1</sup>
QM Genótipos (16)	38,75*	4626,29*	291,93*	16,08*	2,83*	0,45*	0,10*	1,81*
QM ambiente(1)	362,39*	19024,0*	1932,70	29,61*	0,18*	0,02*	0,01	0,01
QM G X A (16)	9,71*	565,00*	45,70	0,84	0,01	0,01	0,01	0,01
QM resíduo (64)	4,53	226,26	17,45	0,95	0,01	0,01	0,01	0,01
Média	6,23	126,42	16,23	25,31	6,61	2,12	1,66	3,17
CV (%)	21,14	11,89	19,73	3,85	1,66	4,27	4,13	3,71

FV - fontes de variação, GL - graus de liberdade, AP - Altura de planta, CC - Comprimento do colmo, CFB - Comprimento da folha-bandeira, LFB - Largura da folha-bandeira, EC - Espessura do colmo, CP - Comprimento da panícula, CV - Ciclo vegetativo, PP - Peso de panícula, NGP - Número de grãos por panícula, NGD - Número de grãos degranados, NGE - Número de grãos estéreis, PMG - Peso de mil grãos, CGSC - Comprimento de grãos sem casca, LGSC - Largura de grãos sem casca, EGSC - Espessura do grão sem casca, C L<sup>-1</sup> - Relação de comprimento por largura dos grãos; \* significativo pelo teste F a 1% de probabilidade (P<0,01).

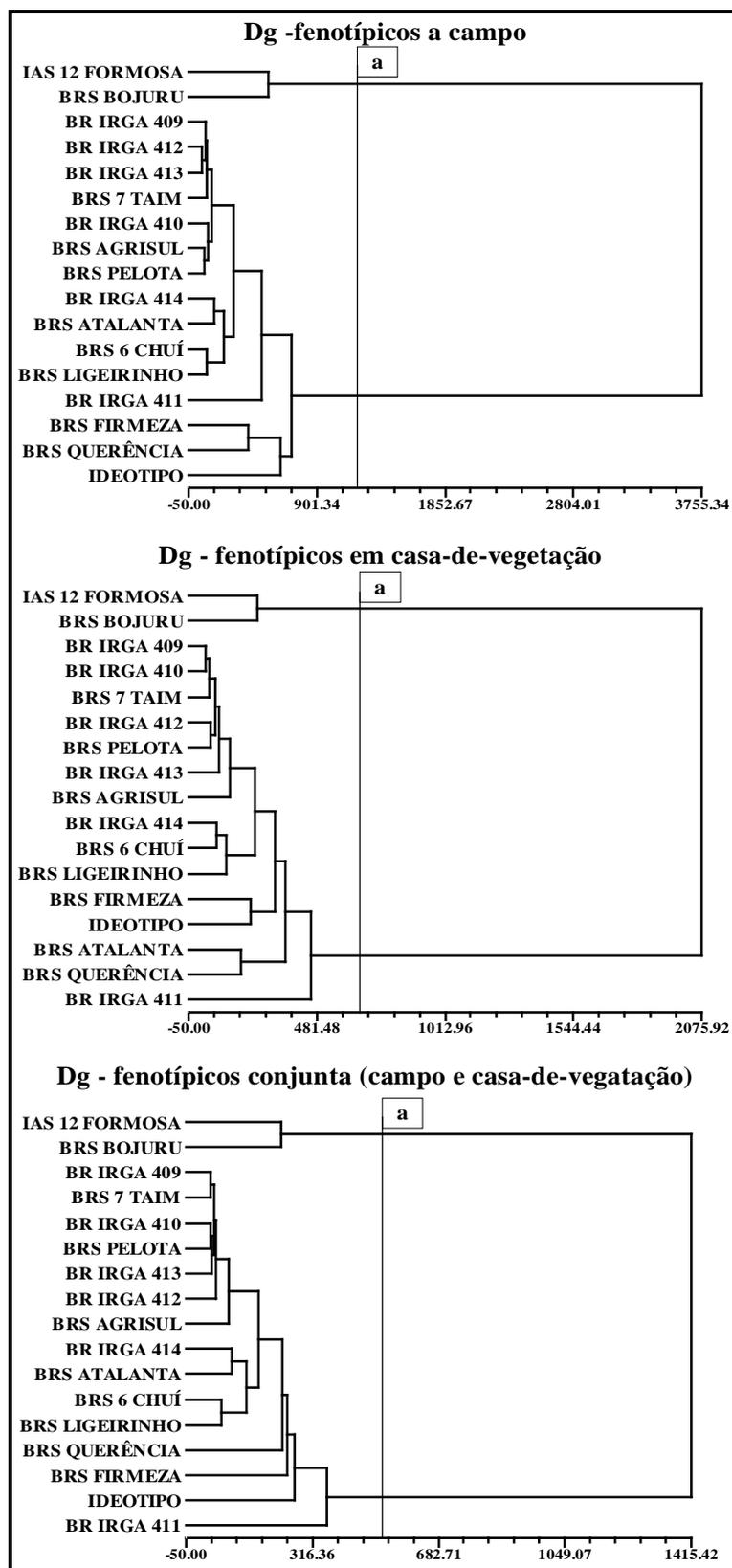
**TABELA 3.** Correlações obtidas entre as matrizes de distância genética com base em caracteres qualitativos avaliados a campo ( $Dg_{(QC)}$ ), qualitativos avaliados em casa-de-vegetação ( $Dg_{(QCV)}$ ), conjunta dos qualitativos a campo e em casa-de-vegetação ( $Dg_{(QC \times QCV)}$ ), caracteres fenotípicos avaliados a campo ( $Dg_{(FC)}$ ) caracteres fenotípicos avaliados em casa-de-vegetação ( $Dg_{(FCV)}$ ), conjunta dos caracteres fenotípicos avaliados a campo e em casa-de-vegetação ( $Dg_{(FC \times FCV)}$ ) e conjunta dos caracteres qualitativos e fenotípicos ( $Dg_{(Q \times F)}$ ), tem por base o desempenho de 16 genótipos de arroz e o ideotipo. Pelotas/RS, UFPel -2007.

	$Dg_{(QCV)}$	$Dg_{(QC \times QCV)}$	$Dg_{(FC)}$	$Dg_{(FCV)}$	$Dg_{(FC \times FCV)}$	$Dg_{(Q \times F)}$
$Dg_{(QC)}$	0,91*	0,97*	0,46	0,54*	0,51*	0,23
$Dg_{(QCV)}$		0,98*	0,48*	0,60*	0,53*	0,25
$Dg_{(QC \times QCV)}$			0,48*	0,59*	0,54*	0,24
$Dg_{(FC)}$				0,96*	0,98*	0,14
$Dg_{(FCV)}$					0,97*	0,10
$Dg_{(FC \times FCV)}$						0,13

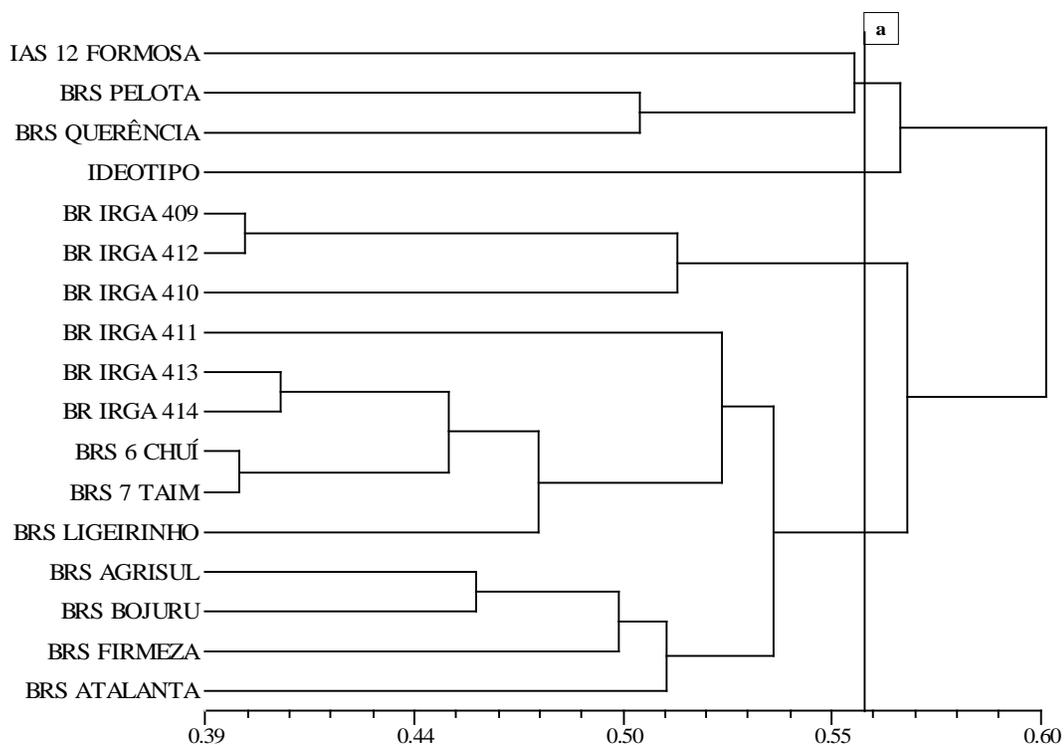
Correlação significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Mantel com 1000 permutações.



**FIGURA 1.** Dendrogramas resultante da análise de 16 genótipos de arroz e o ideotipo, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando o coeficiente (c) de CRUZ e REGAZZI (2006) como medida de distância genética, com base em oito caracteres qualitativos (a = similaridade média) (A correlação cofenética foi de: A=0,72; B=0,75 e C=0,73). Pelotas/RS, UFPel -2007.



**FIGURA 2.** Dendrogramas resultante da análise de 16 genótipos de arroz e o ideotipo, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância de Mahalanobis como medida de distância genética, com base em 16 caracteres fenotípicos (a = similaridade média) (A correlação cofenética foi de: A=0,90; B=0,88 e C=0,93). Pelotas/RS, UFPel -2007.



**FIGURA 3.** Dendrograma resultante da análise de agrupamento de 16 genótipos de arroz e o ideotipo, obtido pelo método UPGMA, utilizando o complemento do índice de similaridade de Gower (1971), obtido a partir da análise conjunta de caracteres qualitativos e fenotípicos como medida de distância genética, ou seja, a média dos experimentos realizados a campo e em casa-de-vegetação (a = similaridade média) (A correlação cofenética foi de 0,90). Pelotas/RS, UFPel -2007.

## 6. DISCUSSÃO GERAL

A cultura do arroz irrigado no sul do Brasil é responsável por mais de 50% na produção nacional (Azambuja, et al., 2004). Nesta região, o arroz apresentou ampla adaptação edafoclimática, atingindo níveis tecnológicos de manejo e cultivo elevados. No entanto, tem sido observado que a base genética atualmente encontra-se restrita a poucos ancestrais. No Brasil, apenas sete ancestrais são responsáveis por 81% da composição gênica das cultivares nos principais estados produtores. No Rio Grande do Sul, apenas seis ancestrais contribuem com 86% dos genes das variedades mais plantadas. Esta situação de alta uniformidade genética pode trazer sérias consequências não só à orizicultura gaúcha mas também à produção brasileira de arroz (Rangel et al., 1996).

É provável que a estreita base genética das populações utilizadas nos programas de melhoramento venha contribuindo para a estagnação dos patamares de produtividade. A principal consequência da limitação da diversidade genética é a redução das possibilidades de ganhos adicionais na seleção (Magalhães et al., 2005). O abandono de genótipos tradicionalmente

cultivadas em favor de cultivares mais amplamente adaptados é a causa principal da erosão de recursos genéticos.

Por outro lado, o gênero *Oryza* é, atualmente, composto por 23 espécies (Vaughan & Chang, 1995), sendo explorado mundialmente a espécie *O. sativa* L. (arroz cultivado asiático), que é a mais conhecida por sua importância na alimentação humana.

*O. sativa* apresenta subespécies que diferem em características morfo-fisiológicas (Chang & Bardenas, 1965) com destaque para *Índica*, *Japônica* e *Javânica*. No entanto, devido a preferências de mercado consumidor, no Brasil, vêm sendo explorado apenas um padrão de arroz, predominantemente de origem *índica*, com grão longo-fino, vítreo e alto rendimento industrial. Segundo Viera & Rabelo (2006), no mercado brasileiro, cultivares com grãos longo-fino têm valor econômico cerca de 30% superior ao de cultivares com grãos longos. Assim, a busca por genótipos que atendam a esta demanda interna, fez com que a base genética dos programas de melhoramento genético da cultura ficasse cada vez mais estreita.

A combinação de genes superiores de uma variedade deve-se à presença destes genes nas populações submetidas à seleção. Populações de base genética ampla apresentam maior eficiência de seleção do que populações de base restrita (Carvalho et al., 2003). Se houver limitada variabilidade genética nestas populações, o ganho será comprometido. Soares et al. (1999), Breseghello et al. (1999), Santos et al. (1999) e Rangel et al. (2000) obtiveram ganhos genéticos inferiores a 1% para produtividade de grãos nos programas de melhoramento de arroz irrigado conduzidos no Brasil.

A ampliação da base genética das populações utilizadas nos programas de melhoramento do arroz irrigado pode ser feita através da busca de alelos positivos dentro da mesma espécie ou em grupos divergentes geneticamente, como os acessos de arroz vermelho, ou mesmo em espécies afins, como *Oryza glumaepatula*, que é diplóide, possui o genoma AA semelhante ao da espécie cultivada e ocorre no Brasil (Rangel et al., 1996). *O. alta*, *O. latifolia* e *O. grandiglumis*, apesar de ocorrerem no Brasil na forma silvestre apresentam 48 cromossomos (genoma CCDD).

Historicamente, os cruzamentos realizados nos diferentes programas de melhoramento de arroz concentraram-se na utilização de germoplasma cultivado. Além disso, o estreitamento da base genética e a homogeneidade das cultivares modernas acompanhados da alta tecnologia fez com que genótipos antigos tradicionais fossem gradativamente abandonados pelos produtores.

Neste sentido, a coleta de germoplasma de arroz em propriedades e sua caracterização morfo-fisiológica, visando conhecer seus atributos genéticos para posterior utilização em programas de melhoramento da espécie, tem sido uma forma de resgatar a variabilidade da espécie.

No presente trabalho, um número limitado de acessos foi obtido, pois buscava-se sempre genótipos antigos ou diferentes das cultivares modernas atualmente em cultivo no sul do Brasil. Mesmo assim, foi possível realizar coletas nas seis regiões orizícolas do Rio Grande do Sul. Em coletas de germoplasma, a distribuição geográfica é o fator de maior influência sobre a variação amostrada, através da presença ou ausência de certos alelos em regiões geográficas específicas, além da variação determinada pelos

microclimas e pelas mudanças nos solos e outros fatores do meio (Allard, 1970).

Em áreas de cultivo de arroz irrigado, a utilização de cultivares modernas melhoradas esteve presente em quase sua totalidade, sendo que a maioria destes produtores cultivava em média três cultivares. Além destas regiões orizícolas tradicionais, várias outras regiões no Estado cultivam arroz, principalmente no sistema de terras altas, em pequenas áreas que podem apresentar uma grande riqueza em termos de variabilidade genética e adaptação local, como foi o caso das coletas realizadas em Canguçu, Porto Lucena, Erechim, Cruz Alta, Passo Fundo, e Bagé.

Das coletas realizadas no Rio Grande do Sul, foi observada uma amplitude variando de 27°38'03" a 32°02'06" de latitude sul e 56°33'11" a 51°23'45" de longitude oeste. Ressalta-se que não foi identificado nenhum acesso de arroz nativo como aqueles já encontrados na Amazônia e no Mato Grosso. Porém, não descarta-se a possibilidade de se encontrar outras espécies de arroz nesta região, principalmente *O. latifolia*, o qual pode ter migrado ao sul do Brasil pela corrente fluvial do Rio Paraguai e seus afluentes. Sugere-se que expedições futuras possam comprovar ou refutar esta hipótese.

A metodologia proposta no presente trabalho, utilizando descritores da cultura proposto por Fonseca et al. (2001), permitiu caracterizar os acessos de arroz coletados, sendo inclusive identificada a duplicação de alguns genótipos da coleção.

O caráter número de grãos degranados foi avaliado conforme metodologia descrita no Capítulo II, na qual as partículas são colhidas com os grãos apresentando umidade entre 18 e 23%, ensacadas e armazenadas. O

degrane é então mensurado através da contagem dos grãos que se desprendem naturalmente da panícula. Muito embora esta metodologia tenha sido inovadora, demonstrou ser bastante informativa. Os genótipos tipo japonica apresentaram menor debulha quanto comparados com os tipo indica, o que confirma as descrições de Watanabe (1997) para este caráter. Segundo Fonseca et al. (2001) o degrane em arroz é realizado a campo pressionando-se com a mão a panícula e observando visualmente os grãos que se desprendem da mesma, sendo assim atribuído notas de intensidade de degrane, o que parece ser bastante impreciso.

Para cálculo da estimativa da distância genética entre os acessos coletados foram utilizados 12 caracteres quali e quantitativos, de acordo com o coeficiente R de dissimilaridade genética (Cruz, 2006), com os quais foi possível obter uma matriz de distância de Euclidiana. Com base na matriz de distância genética gerada, foi construído um dendrograma, utilizando o método de agrupamento das médias das distâncias (UPGMA). Ressalta-se que o ciclo e a estatura contribuíram com mais de 97% da variabilidade nas distâncias.

Os genótipos resgatados apresentaram variabilidade genética para um grande número de caracteres avaliados, podendo servir como fonte de genes aos programas de melhoramento genético da cultura.

A fenotipagem dos 288 genótipos da coleção de arroz, utilizando 36 caracteres, apesar de ser bastante trabalhosa trouxe uma série de informações sobre os genótipos avaliados. Ao ser avaliada nas safras 2004/2005 e 2005/2006 apresenta-se consistente, mesmo para caracteres fortemente influenciados pelo ambiente.

Existe variabilidade genética entre os genótipos estudados, comprovada mediante a análise de caracteres morfológicos e fenométricos.

Os caracteres quantitativos comprimento da folha-bandeira, comprimento de panículas, número de grãos/panícula e rendimento de grãos apresentaram estatisticamente distribuição normal, em nível de 5%, sendo portanto grandes candidatos, para esta população, a futuros estudos de mapeamento associativo. A busca de novas combinações gênicas pode ser potencializada através do uso de marcadores moleculares e mapas genéticos. Em estudos com diversas cultivares de arroz utilizadas no Rio Grande do Sul com técnicas eletroforéticas de isoenzimas (Guidolin, 1993) e com AFLP (Malone et al., 2006) grande polimorfismo foi encontrado com os genótipos testados, detectando, entretanto, uma estreita base genética para os genótipos de arroz irrigado brasileiros. O mapeamento tem avançado enormemente nos últimos anos, e modelos de análise não paramétricas oferecem uma alternativa viável aos estudos de QTLs, e a estratégia do desequilíbrio de ligação tende a favorecer mapeamentos e descobertas de genes em plantas (Garris et al., 2003). A avaliação desta população da Embrapa Clima Temperado servirá como base para posteriores estudos de mapeamento associativo.

Destaca-se que estas considerações são restritas a este grupo de genótipos avaliados. A inclusão de novos acessos à coleção poderá modificar as interpretações dos resultados.

Em relação ao Capítulo IV, o objetivo foi estimar a distância genética entre as cultivares de arroz irrigado lançadas pela Embrapa Clima Temperado utilizando dados observados em campo e em casa-de-vegetação, visando melhorar a eficiência na caracterização, organização, escolha de genótipos

para cruzamentos em programas de melhoramento, bem como avaliar a variabilidade existente entre estas cultivares.

O conhecimento das relações genéticas entre genótipos que podem ser usados em cruzamentos, serve de base para a tomada de decisões na escolha das melhores combinações que darão origem às populações segregantes que serão alvos de seleção. A escolha dos genitores apenas com base em caracteres desejáveis é insuficiente para assegurar a obtenção de progênes com alto potencial genético (Bertan, 2005). Também se faz necessário que os genótipos utilizados nos cruzamentos tenham capacidade combinatória em nível expressivo para produzirem, em alta frequência, recombinações favoráveis (Ferreira Filho, 1985).

De modo geral, os genótipos estudados revelaram diferenças em todos os caracteres avaliados através dos descritores propostos para o arroz, onde foi observado no mínimo a presença de duas classes fenotípicas distintas. Do total de caracteres empregados no cálculo da distância genética, o tipo de panícula (TP) e a coloração das glumelas (CG) foram os que menos diferenciaram os genótipos. Para TP, as mensurações de campo revelaram que a maioria dos genótipos apresentou característica intermediária, excetuando IAS 12 Formosa e BRS Bojuru, com panículas compactas. Entretanto, em casa-de-vegetação, somente o genótipo BR Irga 409 foi classificado como tendo panícula intermediária (nota 2). Já para o caráter CG, somente BR Irga 411 se apresentou distinto em relação aos demais genótipos, independente do ambiente avaliado. Não foram inclusos no estudo de distância genética do Capítulo IV, mesmo tendo sido avaliados, os caracteres coloração de lígula e aurícula, ângulo dos perfilhos, coloração do internódio, presença de

antocianina no colmo, presença de aristas, coloração de apí culos na floração e na maturação, coloração de glumas estéreis e cor do grão descascado, pois estes não apresentaram diferenças entre as cultivares, o que demonstra elevada similaridade entre as constituições genéticas empregadas no estudo.

A inclusão do ideotipo na análise da distância genética revelou que o grande grupo de genótipos classificados como os mais similares, incluindo aqueles de dissimilaridade igual a zero, fazem parte do “Background” considerado como ideal pelos critérios dos melhoristas de arroz. Desta forma, quando se deseja disponibilizar genitores potenciais para geração de populações segregantes com variabilidade genética superior nos caracteres qualitativos em arroz, deve-se dar preferência pela inclusão destes genótipos, que são próximos do ideotipo. Entretanto, para uma maior ampliação da variabilidade genética, visando a seleção de indivíduos em classes fenotípicas distintas, é necessária a inclusão de genótipos de grupos distintos revelados na análise de distância genética.

As matrizes de distância genética entre os genótipos com base nos caracteres qualitativos e quantitativos, isoladamente, aferidos a campo, em casa-de-vegetação e na análise conjunta dos dois ambientes, evidenciaram associação elevada entre si, indicando que possivelmente a avaliação destes caracteres poderá ser realizada efetivamente em apenas um dos locais.

A análise de distância genética obtida de forma conjunta, incluindo as duas classificações de caracteres (qualitativos e quantitativos), revelou ampla variabilidade genética entre os genótipos estudados, porém não representou a realidade de distância genética esperada entre as cultivares. Nenhum coeficiente de correlação revelou-se significativo na comparação das

estimativas de distância genética obtidas individualmente, com aquela gerada a partir da análise conjunta.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Introdução Geral e Discussão Geral)

ALLARD, R.W. Population structure and sampling methods. In: FRANKEL, O.H.; BENNET, E. **Genetic resources in plants – their exploration and conservation**. London: Blackwell, 1970. p.97-107.

AZAMBUJA, I.H.V; VERNETTI JÚNIOR; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A da S. e MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (eds.). **A cultura do arroz irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, EMBRAPA, p. 23-44, 2004.

BERTAN, I. Distância genética como critério para escolha de genitores em programas de melhoramento de trigo (*Triticum aestivum* L.). Pelotas, 2005. 93p. **Dissertação** (Mestrado). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Universidade Federal de Pelotas.

BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P.H.N.; MORAIS, O.P. de. Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.3, p.399-407, mar.1999.

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.

CARVALHO, F.I.F de; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V.S.; SILVA, S.A. **Condução de população no melhoramento genético de plantas**. Pelotas: UFPel. Ed. Universitária, 2003. 230 p.

CASTRO, E.M.; BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P.H.; MORAES, O.P. Melhoramento do arroz. In: Borém, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. UFV, Viçosa, p. 95-130. 1999.

CHANG, T.T.; BARDENAS, E.A. **The morphology and varietal characteristics of the rice plant**. Los Banôs, IRRI, 1965. 40 p. (IRRI. Technical bulletin, 4).

CRUZ, C. D. & REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. UFV, 2001. 390p.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa : UFV, 2006. 442p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M.A. SILVA e J.C. SILVA. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1981. 279p.

FERREIRA FILHO, A.W.P. Mecanismos de seleção e seus efeitos em populações de trigo com diferentes níveis de segregação. Porto Alegre, 1985. 135p. **Dissertação** (Mestrado Agronomia), Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985.

FONSECA, J.R.; CASTRO, E.M.; SILVEIRA, P.M. **Características botânicas e agronômicas de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 2001. 41p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 130).

GARRIS, A.J.; McCOUCH, S.R.; KRESOVICH, S. Population structure and its effects on haplotype diversity and linkage disequilibrium surrounding the xa5 locus of rice (*Oryza sativa* L.). **Genetics**, Baltimore, v.165, n.2, p.759-769, 2003.

GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JR. de, A.M. Arroz irrigado no sul do Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 899p.

GUIDOLIN, A. F. Caracterização de genótipos de arroz irrigado por técnicas eletroforéticas. Pelotas: UFPel. 92 p. **Dissertação** (Mestrado Agronomia), Faculdade de Agronomia, FAEM, 1993.

HANSON, W. D. The breakup of initial linkage blocks under selected mating systems. **Genetics**, Baltimore, v.44, p.857-868, 1959.

JENSEN, N.F. A diallel selective mating system for cereal breeding. **Crop Science**, Madison, v.10, p.629-635, 1970.

LSPA Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro .v. 14, n.02, p.1-76. mar. 2004.

MAGALHÃES JR. A.M. de; FAGUNDES, P.R.; FRANCO, D.F. Melhoramento genético, biotecnologia e cultivares de arroz irrigado. In: MAGALHÃES JR. de, A.M.; GOMES, A. da S. **Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do**

**solo e da água e prognóstico climático.** Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, p.13-33, 2003. (Embrapa Clima Temperado: Documentos, 113).

MAGALHÃES JR., A.M. de; FAGUNDES, P.R.; FRANCO, D.F.; CARVALHO, F.I.F.; BARBIERI, R.L.; COIMBRA, J.L.M.; SOARES, R.C.; OLIVEIRA, A.C. de. Divergência genética entre as variedades de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) da Embrapa Clima Temperado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26. Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria-RS, UFSM-Editora Orium, 2005. p.117-120.

MALONE, G.; ZIMMER, P.D.; KOPP, M.M.; MATTOS, L.A.T. de ; CARVALHO, F. I.F. de ; OLIVEIRA, A.C. de . Assessment of the genetic variability among rice cultivars revealed by amplified fragment length polymorphism (AFLP). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 12, n. 1, p. 21-25, 2006.

MARGIS, M.P. **A biotecnologia na agricultura: o melhoramento genético do arroz.** Conselho de Informações sobre Biotecnologia - CIB Disponível em: [http://www.cib.org.br/pdf/biotecnologia\\_na\\_agricultura\\_marcia\\_margis.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/biotecnologia_na_agricultura_marcia_margis.pdf). Acessado: em 21/10/2005.

MARTINEZ, C.P.; LENTINI, Z. CHATEL, M.; GONZÁLEZ, D.; MOJICA, D. **Uso de selección recurrente en combinación com cultivo de anteras en el programa de arroz de riego del CIAT.** In: GUIMARÃES, E.P. (Ed.). Selección recurrente em arroz. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p. 139-149, 1997.

PENG, S.; CASSMAN, K.G.; VIRMANI, S.S.; SHEEHY, J.; KHUSH, G.S. Yield potential trends of tropical rice since the release of IR8 and the challenge of

increasing rice yield potential. **Crop Science**, Madison, v.39, p.1552-1559, 1999.

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.; PEREIRA, J.A.; MORAIS, O.P. de; GUIMARÃES, E.P.; YOKOKURA, T. Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Meio-Norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.8, p.1595-1604, ago. 2000.

SANTOS, P.G.; SOARES, P.C.; SOARES, A.A.; MORAIS, O.P. de; CORNÉLIO, V.M. de O. Avaliação do progresso genético obtido em 22 anos no melhoramento do arroz irrigado em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.10, p.1889-1896, out.1999.

SOARES, A.A.; SANTOS, P.G.; MORAIS, O.P. de; SOARES, P.C.; REIS, M. de S.; SOUZA, M.A. de. Progresso genético obtido pelo melhoramento do arroz de sequeiro em 21 anos de pesquisa em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.3, p.415-424, mar., 1999.

TERRES, A.L.; GALLI, J.; FAGUNDES, P.R.R.; MACHADO, M.O.; MAGALHÃES JR., A.M. DE; MARTINS, J.F.; NUNES, C.D.M.; FRANCO, D.F.; AZAMBUJA, I.H.V. **Arroz irrigado no Rio Grande do Sul: generalidades e cultivares**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 58p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 14).

VAUGHAN, D.A.; CHANG, T.T. Collecting the rice gene pool. In: GUARINO, L.; RAMANATHA RAO, V.; REID, R. **Collecting plant genetic diversity** – Technical Guidelines. CAB International, Wallingford, UK, 1995. pág. 659-675.

VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R.R. Qualidade tecnológica. In: **A cultura do arroz no Brasil**. SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (eds). 2 ed. ver. Ampl. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 969-1006.

WATANABE, Y. Genomic constitution of Genus Oryza. In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. (Ed.) **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. v.3. p.29-68.

## 8.0 VITAE

Ariano Martins de Magalhães Júnior, nasceu em 06 de maio de 1964, em Pelotas/RS. É Engenheiro Agrônomo, formado pela Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – FAEM/UFPel (1982-1985). Realizou Curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado nos anos seguintes de 1986 a 1988. Iniciou suas atividades profissionais junto ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) no ano de 1989, onde desenvolveu inúmeras pesquisas em melhoramento genético de fruteiras de clima temperado, junto ao Pólo Regional de Curitiba. Em 1990, através de concurso público, foi contratado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), junto à unidade de Pelotas, denominada Embrapa Clima Temperado, onde realiza pesquisas em melhoramento genético de arroz irrigado, até os dias atuais. Dentre inúmeros treinamentos destacam-se “Fitomejoramiento del arroz”, no CIAT / Colômbia; “Mejoramiento del Arroz con Cultivo de Anteras”, no INTA / Argentina; Engenharia Genética, na Universidade de Chapingo, México; Melhoramento Genético e Manejo da Cultura do arroz irrigado, na Universidade de Lousiana e Arkansas, nos EUA. Além disso, prestou consultoria, em Melhoramento Genético de Plantas e Biotecnologia, para Angola e Moçambique, na África, através da FAO. Dentre várias atividades administrativas destacam-se a de Coordenador do Grupo de Pesquisa de Arroz da Embrapa Clima Temperado (2000-2004), responsável pelo Laboratório de Melhoramento Genético da Estação Experimental Terras Baixas, Presidente da Comissão Interna de Biossegurança da Embrapa Clima Temperado (2000-2004), ex-tesoureiro da Associação Brasileira de Cultura de Tecidos de Plantas (ABCTP), Presidente da Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI) (2005-2007) e Presidente do V Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Em 2002 recebeu o prêmio Destaque em Pesquisa, da Associação dos Engenheiros Agrônomos de Pelotas. Autor de várias publicações, tais como livros, capítulos, artigos científicos e resumos. Como realizações destacam-se a participação nos lançamentos das cultivares de arroz irrigado para cultivo no Rio Grande do Sul: BRS Ligeirinho, BRS Agrisul, BRS Bojuru, BRS Atalanta, BRS Firmeza, BRS Pelota, BRS Fronteira e BRS Querência.