



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**



**PESQUISA COM ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa* L.) NO  
SISTEMA PRÉ-GERMINADO: MELHORAMENTO GENÉTICO,  
TOXIDEZ POR FERRO E BRUSONE**

**ACADÊMICA: ANA CLAUDIA VELOSO DE SOUZA**  
**ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO CARLOS ALVES**

**FLORIANÓPOLIS**  
**2012**

Ana Claudia Veloso de Souza

**Pesquisa com arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) no sistema pré-germinado: melhoramento genético, toxidez por ferro e brusone**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Professor Dr. Antonio Carlos Alves

Supervisor: Eng. Agr. Dr. Rubens Marschalek

Florianópolis

2012

***“[...] Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito, não sou o que deveria ser, não sei o que irei ser, mas, graças a Deus, não sou o que eu era.[...]”***

***Martin Luther King***

## AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar meus caminhos e me abençoar em todos os momentos da minha vida, me dando força, serenidade e perseverança para lutar pelos objetivos traçados.

Aos meus pais por sempre terem sido minha fonte maior de inspiração e força. Obrigada por estarem ao meu lado em todos os momentos. Amo muito vocês.

Ao meu irmão por ter sido um bom amigo durante essa jornada. Amo você.

Ao meu professor orientador Antônio Carlos Alves, um grande profissional, por ter aceitado o convite de me orientar e por toda a dedicação, atenção e conhecimento que me foram repassados.

Ao meu namorado Diego, pelo imenso amor, carinho e compreensão. Com certeza sem sua ajuda não seria possível chegar ao final desta etapa tão importante da minha vida. Obrigada por tudo. Te amo.

Ao meu supervisor Rubens Marschalek, pela oportunidade do estágio e ótima orientação.

A minha grande amiga Luana, pela amizade, alegria e companheirismo.

Aos colegas da Epagri, em especial à Diane e Valmir, pelos momentos agradáveis que tivemos durante o estágio. Saibam que levarei boas lembranças desse período para toda a vida.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, em especial ao projeto Arroz Irrigado, pela oportunidade do estágio.

A todos os pesquisadores e funcionários de campo da equipe do projeto Arroz Irrigado, pelas contribuições dadas a este trabalho.

As colegas moradoras da Casa Feminina do Estudante, em especial à Fernanda, Patrícia e Maria Cecília pela convivência durante o período da graduação, alegria e amizade.

A UFSC, pela oportunidade de estudar em uma universidade pública e gratuita.

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho a  
minha mãe, Loreci.*

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
1.1. ASPECTOS GERAIS SOBRE A CULTURA DO ARROZ.....	2
1.1.1. O arroz .....	2
1.1.2. A impotência do arroz na nutrição humana.....	3
1.1.3. A cultura do arroz no mundo.....	4
1.1.4. A cultura do arroz no Brasil e em Santa Catarina .....	6
<b>2. OBJETIVOS DO ESTÁGIO DE CONCLUSÃO DE CURSO</b> .....	<b>8</b>
2.1. GERAL.....	8
2.2. ESPECÍFICOS.....	8
<b>3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</b> .....	<b>9</b>
<b>4. CAPÍTULO I</b> .....	<b>10</b>
4.1. MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ .....	10
4.2. HISTÓRICO DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE ARROZ IRRIGADO DA EEI/EPAGRI .....	11
4.3. FLUXOGRAMA DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE ARROZ IRRIGADO DA EEI/EPAGRI .....	13
4.3.1. Introdução de linhagens.....	15
4.3.2. Mutação induzida .....	16
4.3.3. Hibridação controlada .....	18
4.3.4. Avaliações e seleções de famílias promissoras .....	24
4.4. TIPOS ESPECIAIS DE ARROZ .....	27
4.4.1. Arroz preto.....	28
4.4.2. Arroz vermelho.....	29
4.4.3. Arroz glutinoso .....	30
4.4.4. Arroz aromático.....	30

4.4.5. Lançamento de cultivares comerciais de tipos especiais.....	30
4.5. MANEJO DE PRAGAS .....	31
4.6. MANEJO DE DOENÇAS .....	34
4.7. MANEJO DE PLANTAS DANINHAS .....	35
4.8. OUTRAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....	37
4.8.1. Viagens técnicas realizadas .....	37
4.9. PERSPECTIVAS E DESAFIOS .....	38
4.10. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS .....	39
4.11. OUTRAS BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS .....	43
<b>5. CAPÍTULO II .....</b>	<b>45</b>
5.1. INTRODUÇÃO.....	45
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5.4. CONCLUSÃO.....	54
5.5. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	55
<b>6. CAPÍTULO III.....</b>	<b>59</b>
6.1. INTRODUÇÃO.....	59
6.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	63
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
6.4. CONCLUSÃO.....	68
6.5. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	69
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>72</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO I

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Produtividade (t/ha) das cultivares tradicionais (vermelho), e das cultivares modernas (verde) de arroz irrigado lançadas pela Epagri, bem como a média das cultivares tradicionais (cinza) e média das cultivares modernas (preto) entre os anos de 1981 a 2007.....	<b>13</b>
<b>Figura 2.</b> Fluxograma do Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado da Epagri.....	<b>14</b>
<b>Figura 3.</b> Plantas segregantes de geração M2 oriundas de mutação induzida através de irradiação com raios gama.....	<b>17</b>
<b>Figura 4.</b> Corte de um terço da parte superior de cada espiguetta, realizada com auxílio de uma tesourinha no procedimento de hibridação controlada.....	<b>20</b>
<b>Figura 5.</b> Sucção das anteras com auxílio de uma agulha hipodérmica acoplada a uma mangueira ligada à moto-bomba, caracterizando o processo de emasculação.....	<b>21</b>
<b>Figura 6.</b> Panícula do genitor masculino em plena floração, ideal para a realização de polinização.....	<b>22</b>
<b>Figura 7.</b> Perfilhos polinizados amarrados ao genitor masculino. No detalhe observa-se que os mesmos se encontram com as raízes submersas para evitar perdas por desidratação.....	<b>23</b>
<b>Figura 8.</b> Perfilhos armazenados em baldes com água e terra após a polinização.....	<b>23</b>
<b>Figura 9.</b> Sementes híbridas oriundas do procedimento de hibridação controlada.....	<b>24</b>
<b>Figura 10.</b> Telados utilizado para transplante de genitores e plantas F1..	<b>25</b>
<b>Figura 11.</b> Lançamento da cultivar SCS 117 CL da Epagri em 16 de fevereiro de 2012.....	<b>27</b>
<b>Figura 12.</b> Arroz preto, diferentes formatos de grão.....	<b>28</b>
<b>Figura 13.</b> Arroz vermelho em diferentes formatos de grãos.....	<b>29</b>
<b>Figura 14.</b> Variedades de arroz aromático, Basmati, Empasc 104 e Jasmine, respectivamente.....	<b>30</b>

<b>Figura 15.</b>	<b>Touceiras de citronela ao redor de um quadro de arroz sendo utilizadas como culturas armadilhas para o monitoramento e controle do percevejo-do-colmo.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 16.</b>	<b>Armadilhas luminosas utilizadas monitoramento de pragas da cultura do arroz irrigado na EEI-Epagri.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 17.</b>	<b>Armadilha utilizando como atrativo, urina de vaca.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 18.</b>	<b>Doenças ocorrentes na cultura do arroz irrigado: A- brusone (<i>Pyricularia grisea</i> (Cooke); <i>Magnaporthe grisea</i> (Barr.) – forma perfeita), B- mancha parda (<i>Helminthosporium oryzae</i>), C- mancha estreita (<i>Cercospora oryzae</i>), D- escaldadura (<i>Gerlachia oryzae</i>), E- queima das bainhas (<i>Rhizoctonia solani</i>) e F- falso carvão (<i>Ustilaginoidea virens</i>).</b>	<b>34</b>
<b>Figura 19.</b>	<b>Principais plantas daninhas infestantes das lavouras de arroz irrigado: A- Arroz vermelho (<i>Oryza sativa</i> L.), B- Capim arroz (<i>Echinochloa</i> sp.), C- Sagitária (<i>Sagitaria montevidenses</i>), D- Aguapé (<i>Heteranthera reniformis</i>), E- Angiquinho (<i>Aeschynomene</i> spp), F- Tiririquinha (<i>Cyperus</i> sp), G- Cuminho (<i>Fimbristylis miliacea</i>), H- Cruz de malta (<i>Ludwigia</i> spp), I- Capim macho (<i>Ischaemum rugosum</i>), J- Grama boiadeira (<i>Luziola peruviana</i>).....</b>	<b>36</b>

## CAPÍTULO II

	Página	
<b>Figura 20.</b>	<b>Visão geral do experimento, evidenciando as parcelas de cada genótipo, bem como as duas linhas das cultivares testemunhas dispostas perpendicularmente.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 21.</b>	<b>Presença de toxidez indireta por ferro em planta da cultivar utilizada como testemunha suscetível BR Irga 409 (A) evidenciando precipitação de ferro nas raízes; (B) testemunha tolerante Epagri 107, mostrando raízes brancas sem a presença de capa férrica.....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

### CAPÍTULO I

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1. Exemplos de alguns cruzamentos realizados pelo Programa de Melhoramento Genético da Epagri através da utilização de hibridação controlada no ano de 2012.....</b>	<b>19</b>

### CAPÍTULO II

	<b>Página</b>
<b>Tabela 2. Características dos genótipos de arroz irrigado avaliados quanto ao nível de tolerância de toxicidade por ferro.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 3. Nível de tolerância à toxidez por ferro de linhagens promissoras e cultivares comerciais de arroz irrigado.....</b>	<b>53</b>

### CAPÍTULO III

	<b>Página</b>
<b>Tabela 4. Fungicidas avaliados para o controle de brusone da panícula na cultura do arroz irrigado.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabela 5. Exemplo para demonstração do cálculo de porcentagem de brusone da panícula.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 6. Desempenho de fungicidas no controle da brusone de panícula, em arroz irrigado, cultivar SCS 116 Satoru, Itajaí, SC.....</b>	<b>66</b>

## **RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**CIAT: Centro Nacional da Agricultura Tropical**

**EEL/Epagri: Estação Experimental de Itajaí – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina**

**Embrapa – CNPAF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão**

**IAC: Instituto Agronômico de Campinas**

**IAPAR: Instituto Agronômico do Paraná**

**IRGA: Instituto Rio Grandense do Arroz**

**IRRI: International Rice Research Institute**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura de grande importância na alimentação da população mundial. Cultivado em todos os continentes, tem na Ásia a maior concentração de cultivo, com destaque para a China, Índia, Indonésia, Vietnã e Tailândia, responsáveis por 30,2%, 21,3%, 8,2%, 5,6% e 4,5% da produção mundial, respectivamente (INSTITUTO CEPA/SC, 2010).

No Brasil, é um dos alimentos que compõem a cesta básica, constituindo-se em uma das principais fontes de calorias do brasileiro. Em decorrência disso, desempenha papel estratégico na solução de questões de segurança alimentar (SOSBAI, 2010).

Dentre as regiões produtoras destaca-se o sul do País, com os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina representando cerca de 73,5% da produção nacional, fato este considerado um estabilizador para o mercado brasileiro, bem como uma garantia de suprimento desse cereal à população (INSTITUTO CEPA/SC, 2010; SOSBAI, 2010).

Uma característica muito importante desses dois estados é o fato do cultivo ser feito quase que exclusivamente na forma irrigada, obtendo produtividade superior à do sequeiro. Aliado a isso, no Estado de Santa Catarina ainda há uma maior diferenciação em virtude da utilização de 100% do sistema de cultivo ser pré-germinado (EPAGRI, 2012a). Tal sistema tem a semeadura efetuada em lâmina de água, com sementes pré-germinadas, configurando-se como uma de suas principais vantagens a elevação da produtividade. Dessa forma, justifica-se o fato de Santa Catarina ser detentora de uma das maiores produtividades do Brasil (7 t/ha), podendo obter em algumas propriedades no Alto Vale do Itajaí rendimentos próximos à 15 t/ha em um único cultivo, em lavouras comerciais (EPAGRI, 2012a).

Em Santa Catarina o arroz é produzido em 142 municípios, concentrados no próximo ao Litoral, especialmente nas Regiões do Baixo e Médio Vale do Itajaí, com 92% da área, e no Alto Vale do Itajaí, com 8% da área. Em geral as propriedades são caracterizadas por serem de pequeno porte e o número de produtores gira em torno de 8 mil. No entanto, a atividade orizícola no Estado mostra-se bastante importante, alcançando em 2007 o valor bruto de R\$ 428 milhões da produção do arroz, chegando próximo à 4% do PIB da agropecuária catarinense (SOSBAI, 2010).

O grande sucesso da orizicultura em Santa Catarina pode ser atribuído ao razoável nível tecnológico apresentado pelo produtor catarinense, condições

edafoclimáticas favoráveis ao cultivo, além do trabalho realizado pela pesquisa pública e extensão rural, os quais são encaminhados ao produtor proporcionando-lhes melhores resultados na lavoura. Dentre os fatores com maior influência no aumento de produtividade das lavouras de arroz catarinense está o desenvolvimento de cultivares modernas, as quais possuem boas características agronômicas, grãos longo-finos de ótima qualidade, tolerância a doenças, em especial à brusone, e alta produtividade.

Para a obtenção de tais cultivares longos anos de estudos são necessários, algo que requer muita dedicação e competência. Em Santa Catarina este trabalho é executado pelo Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado da Epagri, o qual já lançou 17 cultivares no Estado, alcançando grande aceitação tanto de agricultores catarinenses, como de outras regiões produtoras desta cultura no Brasil e América Latina.

## **1.1. ASPECTOS GERAIS SOBRE A CULTURA DO ARROZ**

### **1.1.1. O arroz**

O arroz, *Oryza sativa* L., é uma das mais importantes espécies cultivadas no mundo. Produzido em todos os continentes, este cereal faz parte da alimentação diária de metade da população mundial (SCHMIDT, 2009).

De acordo com a classificação botânica, pertence a tribo *Oryzoideae*, família Poaceae (Gramineae) e ao gênero *Oryza*, contando com vinte e três espécies descritas (BELÓ, 2001). Tais espécies podem ser perenes ou anuais, e estão distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais da Ásia, Europa, Austrália e Américas do Sul, Central e do Norte, nos tipos diplóide ( $2n=24$ ) e tetraplóide ( $4n=48$ ) (EPAGRI, 2002).

As espécies do gênero *Oryza* são divididas em quatro grandes complexos: *O. sativa*, *O. latifolia*, *O. ridleyi* e *O. meyeriana* (PARRA, 2009). O complexo *O. sativa* contém oito espécies diplóides das quais duas são domesticadas: *O. glaberrima*, restrita ao continente Africano, e *O. sativa*, a qual está dividida em três subespécies: *O. sativa javanica*; *O. sativa japonica*, cultivada na Ásia, África, América do Norte e América do Sul; e *O. sativa indica*, cultivada amplamente nas regiões tropicais (PARRA, 2009).

No que se refere à origem da *Oryza sativa* L., acredita-se a partir de trabalhos realizados por Vavilov, que o centro de origem seja a região situada ao sudeste do

Himalaia, apesar de as regiões de Madras, na Índia, e Orissa, nas Filipinas, poderem também ser apontadas como centros primários ou secundários da espécie (GALLI, 1978).

### **1.1.2. Importância do arroz na nutrição humana**

A composição nutricional dos alimentos é fator importante para o planejamento de dietas balanceadas, uma vez que, conhecendo-se estes valores, podem-se alcançar diferentes resultados na nutrição humana (STORCK, 2005). Neste sentido o arroz constitui-se em um dos cereais que assume significativa contribuição na alimentação diária da população mundial, especialmente de povos carentes de países pobres da Ásia. (SANTOS et al., 2006).

Consumido em maior quantidade na forma de grão, é uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, além de possuir baixo teor de lipídios (KENNEDY et al., 2002).

Nos países em desenvolvimento, onde é um dos principais alimentos da dieta, o arroz é responsável por fornecer, em média, 715 kcal per capita por dia, 27% dos carboidratos, 20% das proteínas e 3% dos lipídios da alimentação. No Brasil o consumo per capita é de 108g por dia, fornecendo 14% dos carboidratos, 10% das proteínas e 0,8% dos lipídios da dieta (KENNEDY et al., 2002). Vale destacar que a proteína do arroz é de ótima qualidade, uma vez que contém os oito aminoácidos essenciais ao homem que, combinada com leguminosas como o feijão, proporciona uma mistura com valor protéico ainda mais valioso (CASTRO et al., 1999).

No que diz respeito aos seus componentes bioquímicos, estes além de participarem de funções metabólicas no grão e produzirem efeitos ao organismo humano, podem ser modificados ou afetados por condições de processamento, armazenamento ou manipulações diversas com vantagens ou não à saúde humana (BASSINELO, 2006). Adicionalmente diferenças varietais, variações ambientais e de manejo estão intimamente ligados ao valor nutricional do produto (ZHOU et al., 2002).

Como exemplo de modificações que podem vir a afetar a qualidade nutricional deste cereal pode-se citar aquelas provocadas por diferentes condições de processamento, o qual dá origem ao arroz integral, branco polido e parboilizado.

O arroz tido como integral é composto pelas camadas do pericarpo, capa do grão e nucéolo, o embrião ou gérmen, e o endosperma. Dessa forma, o arroz integral contém maior teor de alguns nutrientes (fibra, minerais e lipídios, principalmente) quando comparado ao branco e ao parboilizado. Entretanto sua suscetibilidade à oxidação lipídica durante o armazenamento e o tempo mais prolongado de cozimento diminui a sua aceitabilidade no mercado consumidor (JULIANO, 1993).

Apesar de o arroz integral conter mais nutrientes, a forma comumente consumida na maioria das regiões brasileiras é o arroz polido, o qual é obtido a partir do polimento do grão integral, através de máquinas que provocam o atrito dos grãos, removendo proporções variáveis das suas camadas mais externas (CASTRO et al., 1999). Quanto maior a intensidade do polimento, maior número de camadas são perdidas e, conseqüentemente, maior é a perda de nutrientes (COFFMAN et al., 1987). O arroz branco é composto basicamente por amido e por este motivo, em países que têm esse cereal como principal alimento da dieta, freqüentemente são observadas deficiências nutricionais, principalmente as relacionadas à falta de proteína, ferro, iodo e vitamina A (KENNEDY et al., 2002).

Já o arroz parboilizado, é aquele que, ainda em casca, é submetido a um processo hidrotérmico que provoca a gelatinização total ou parcial do amido, passando, posteriormente, pelo descasque e polimento. O processo de parboilização melhora a qualidade nutricional do arroz, em relação ao produto beneficiado polido, devido à redistribuição de alguns componentes do grão em decorrência dos efeitos da temperatura e da umidade durante o processo hidrotérmico. O arroz parboilizado pode ser consumido integral ou polido (CASTRO et al., 1999).

### **1.1.3. A cultura do arroz no mundo**

O arroz é uma das plantas cultivadas mais antigas do mundo (PEREIRA, 2002). Sua história se confunde com a trajetória da própria humanidade, sendo impossível determinar com precisão a época em que o homem começou a cultivá-lo. A importância do arroz é tão marcante que alguns povos orientais chegaram a elegê-lo como símbolo da fartura e a lhe atribuir uma alma à qual tributavam honras e cerimônias (PEREIRA, 2002).

Cultivado em todo mundo, este cereal desempenha papel importante, como alimento básico da população mundial, principalmente no continente asiático (AZAMBUJA et al., 2002). No ranking dos maiores produtores a Ásia representa cerca de 90% da produção e do consumo global de arroz (PLANETA ARROZ, 2011). Países como a China, Índia, Indonésia, Vietnã e Filipinas são destaque neste continente na atividade orizícola (INSTITUTO CEPA/SC, 2010).

A América Latina ocupa o segundo lugar em produção e o terceiro em consumo. Assim como na Ásia, o arroz é um produto importante na economia de muitos países latino-americanos pelo fato de ser item básico na dieta da população, como no caso do Brasil, Colômbia e Peru, ou por ser um produto importante no comércio internacional, como no Uruguai, Argentina e Guiana, como exportadores, e do Brasil, México e Cuba, entre outros, como importadores (EMBRAPA, 2005).

Quanto ao consumo *per capita* mundial de arroz, segundo a FAO, é de 58 kg hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, sendo que a demanda do cereal é crescente nos últimos seis decênios. Os maiores consumos *per capita* estão localizados na China, Birmânia e Indonésia, com uma média de 80 kg.hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. Já o Brasil, a Colômbia e o Senegal têm um consumo *per capita* em nível intermediário, que oscila entre 40 e 60 kg.hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, enquanto os Estados Unidos, a Espanha e a França se enquadram como de baixo consumo *per capita*, com menos de 10 kg. hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> (INSTITUTO CEPA/SC, 2010).

O comércio mundial de arroz é segmentado conforme as preferências de qualidade e tipo de grão, definidas pelos países importadores. Atualmente, predomina o comércio de grãos longos (AZAMBUJA et al., 2002).

Embora seja o segundo cereal mais produzido no mundo, o comércio internacional deste produto é pouco expressivo. Mais de 93% do arroz produzido num país é consumido no próprio país. Nos três maiores produtores, quase todo o arroz é consumido internamente (INSTITUTO CEPA/SC, 2010). Com relação aos países importadores, tem-se a Indonésia como principal, seguida por Bangladesh, Brasil, Irã, Filipinas, Arábia, Nigéria e Japão. Os exportadores que se destacam são Tailândia, Vietnã, Estados Unidos da América (EUA), Índia, China e Paquistão (AZAMBUJA et al., 2002).

#### **1.1.4. A cultura do arroz no Brasil e Santa Catarina**

Na América do Sul, o arroz foi introduzido pelos espanhóis e, no Brasil, pelos portugueses por volta do século XVI, como cultivo destinado à subsistência dos escravos e colonos que trabalhavam nas grandes fazendas (AZAMBUJA et al., 2002).

Notícias sobre a ocorrência da cultura do arroz na capitania de São Vicente já corriam pelo Brasil, porém é procedente o fato de que o início de lavouras arrozeiras se deu na Bahia antes de 1587 (DE PAULA, 2011) e no século seguinte no Maranhão (ABADIE et al., 2005).

Com a abertura dos portos por D. João VI, em 1808, este cereal começou a entrar em grandes levadas no país, fazendo sucesso a ponto de modificar os hábitos alimentares da população da época: o angu e a batata doce, que eram os alimentos mais consumidos no Brasil, cederam então lugar ao recém-chegado cereal (FARSUL, 2012).

No Rio Grande do Sul, atual estado maior produtor de arroz, de acordo com a literatura colonos alemães de Santa Cruz do Sul e Taquara foram os introdutores da cultura no Estado, sempre em pequenas lavouras, em estilo colonial (FARSUL, 2012). Em 1903 no município de Pelotas surgiu a primeira lavoura empresarial a partir da introdução do sistema de cultivo irrigado e com a mecanização da irrigação (GOMES et al., 2002). Este sistema apresentou sensível ganho na produtividade em relação ao cultivo de sequeiro, tornando-se o preferido pelos agricultores, que juntamente com o desenvolvimento de cultivares modernas contribuíram para a consolidação desta cultura no país (GOMES et al., 2002).

Atualmente o Brasil se destaca como o nono maior produtor de arroz do mundo, produzindo anualmente cerca de 12 milhões de toneladas desta commodity (FAO, 2010). Além disso, é citado como o maior produtor fora do continente asiático, sendo responsável por representar cerca de 2% do total mundial e de 50% da América Latina.

Quanto aos estados, o Rio Grande do Sul se destaca como o maior produtor nacional, respondendo por 61% do total produzido no Brasil, seguido por Santa Catarina com produção em torno de 8 a 9% (SOSBAI, 2010).

Apesar de Santa Catarina ser o segundo maior produtor, o estado é detentor de um dos maiores índices de produtividade do Brasil (7 t/ha), podendo obter em algumas propriedades no Alto Vale do Itajaí rendimentos próximos à 15 t/ha em um único cultivo, em lavouras comerciais (EPAGRI, 2012a). Neste Estado o cultivo de arroz é conduzido no sistema irrigado com sementes pré-germinadas. Este método foi

introduzido pelos imigrantes italianos no Vale do Itajaí, no começo do século XX e prosperou, provavelmente, em decorrência do próprio ambiente da região, caracterizado pela predominância de solos argilosos mal drenados e pela inexistência de uma estação seca, o que dificultava o preparo convencional do solo (EPAGRI, 2002).

Para a safra 2010/11 de acordo com o IBGE em Santa Catarina, a área plantada foi de 151.100 hectares, produção de 984 mil toneladas e rendimento médio de 6.513 kg/ha (130 sacos/ha). Esta produtividade apesar de estar entre as melhores dentre os estados produtores, poderia ter sido ainda maior caso não tivesse sido afetada por problemas climáticos, principalmente a falta de insolação, configurando uma queda de 6% em relação à safra anterior (INSTITUTO CEPA/SC, 2010). Dentro do Estado, a região de destaque, a qual detém cerca de um terço da área e da produção se concentram na Microrregião Geográfica de Araranguá. Dessa forma, o sul do Estado (Araranguá, Criciúma e Tubarão) contribui com 61% da área e 59% da produção (INSTITUTO CEPA/SC, 2010).

## **2. OBJETIVOS DO ESTÁGIO OBRIGATÓRIO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

### **2.1. Geral**

- ✓ Proporcionar ao acadêmico do curso de Agronomia aprendizagem teórico-prática, visando complementar sua formação profissional, bem como capacitá-lo para conviver, compreender, analisar e intervir na realidade do exercício da profissão.

### **2.2. Específicos**

- ✓ Vivenciar atividades referentes a atuação do Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado da Epagri;
- ✓ Compreender melhor os métodos empregados no melhoramento genético, notadamente para a cultura do arroz irrigado, além da condução e seleção de populações segregantes;
- ✓ Acompanhar experimentos relacionados às temáticas de toxidez por ferro e controle de brusone da panícula
- ✓ Acompanhar atividades desenvolvidas no manejo da cultura do arroz irrigado;
- ✓ Acompanhar visitas a propriedades rurais, unidades demonstrativas, Dias de Campo.
- ✓ Interação com demais profissionais da área.

### **3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

As atividades referentes ao cumprimento do Estágio Obrigatório de Conclusão do Curso de Agronomia foram realizadas na Epagri, mas precisamente na Estação Experimental de Itajaí (EEI).

O trabalho desenvolvido teve como foco principal atuação na área de melhoramento genético da cultura do arroz irrigado, o qual contou com a supervisão técnica do Engenheiro Agrônomo Dr. Rubens Marschalek e orientação pedagógica do professor Dr. Antônio Carlos Alves.

Além do conhecimento de aspectos gerais sobre o Programa de Melhoramento Genético desenvolvido por esta instituição, também fizeram parte do estágio pesquisas específicas nas áreas de toxidez por ferro e resistência de fungicidas à brusone da panícula. Por esta razão, este relatório será composto por três capítulos, possibilitando uma melhor organização e entendimento das atividades desenvolvidas no decorrer do estágio.

## **4. CAPÍTULO I**

### **PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE ARROZ IRRIGADO DA EEI/EPAGRI: ESTRUTURA BÁSICA, MÉTODOS E DESAFIOS PARA O FUTURO**

#### **4.1. MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ**

No Brasil, os programas oficiais de melhoramento genético da cultura do arroz iniciaram-se somente em 1937, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em São Paulo e, em 1938, no Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), no Rio Grande do Sul (SOARES et al., 2004). O IAC sempre priorizou em suas atividades o arroz de sequeiro, hoje denominado arroz de terras altas, enquanto o IRGA dedicou-se com exclusividade ao arroz irrigado por inundação contínua em várzeas (SOARES et al., 2004).

Os primeiros cruzamentos de arroz foram realizadas no IAC, em 1938, explorando variedades locais e introduzidas. Boa parte do germoplasma de arroz de que o país dispõe para o melhoramento da espécie constitui-se das inúmeras iniciativas de introdução feitas pelos próprios colonizadores, sendo perpetuado pelo cultivo sucessivo nas comunidades que se estabeleceram pelo país afora, no processo de interiorização (SANTOS et. al., 2006). Essas introduções evoluíram para variedades, e hoje são consideradas tradicionais contendo o efeito de inúmeras oportunidades de variação genética, ocorridas principalmente pelas misturas eventuais de sementes, seguidas de cruzamento natural. (SANTOS et. al., 2006). Tais variedades são utilizadas nos programas de melhoramento genético por possuírem características de interesse, principalmente aquelas relacionadas ao aumento de produtividade e genes de tolerância.

Um grande avanço no desenvolvimento de germoplasma melhorado foi a obtenção de arroz híbrido, o qual ocupa grande parte da área de cultivo da China, principal país produtor e consumidor deste cereal (SANTOS et al., 2006).

Especificamente para o estado de Santa Catarina, o qual se destaca como vice líder em produtividade no país, é atribuído os bons resultados com a cultura do arroz ao trabalho de melhoramento genético executado pela Epagri na Estação Experimental de Itajaí (EEI). Existente desde 1976 o Programa de Melhoramento Genético da EEI tem por objetivo a geração de cultivares de arroz mais produtivas e de ótima qualidade,

resistentes à doenças, principalmente à brusone, com alto rendimento industrial de grãos inteiros (VIEIRA, 2007). Desde o início do trabalho a Epagri lançou 17 cultivares para cultivo em Santa Catarina, contribuindo para a elevação da produtividade e colocando o Estado em destaque no cenário nacional.

#### **4.2. HISTÓRICO DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE ARROZ IRRIGADO DESENVOLVIDO PELA EEI-EPAGRI**

Até o final da década de 70, o cultivo de arroz irrigado em Santa Catarina não se mostrava uma atividade economicamente viável, apesar das boas condições climáticas do Estado para o estabelecimento desta cultura e pela adoção do sistema de plantio pré-germinado (EPAGRI, 2012a). Este fato está relacionado com a utilização de cultivares conhecidas como tradicionais, as quais se caracterizavam pela obtenção de baixas produtividades, entre 3 e 4 t/ha, além de possuírem características agrônomicas indesejáveis, como ciclo precoce, panículas longas, grãos longos e espessos, pouco perfilhamento e principalmente porte elevado, o que em muitos casos culminava em acamamento, causando enormes prejuízos na lavoura. Dentre as cultivares tradicionais utilizadas na época podem-se destacar: Agulhão Precoce, Batatais, Fortuna, Empasc 100, IAC 47, IAC 120, IAC 435 e IAC 1246.

A fim de que este quadro nada favorável da agricultura no Estado fosse modificado, o desenvolvimento de novas tecnologias que pudessem ser levadas ao agricultor através da pesquisa pública aliada a extensão rural, seja ela pública ou privada eram bastante almejadas. Assim, diante desta demanda o Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado em Santa Catarina teve seu início em 1976 na Estação Experimental de Itajaí. Apesar de ser o ano de 1976 a data oficial de nascimento do programa, em 1970, os primeiros passos já haviam sido dados através do Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias do Sul-Ipeas – (MA) na Estação Experimental de Urussanga.

Como meta principal o programa objetiva o desenvolvimento de cultivares com tipo de planta “moderno”, grãos longo e finos de boa qualidade, tolerantes às doenças (especialmente à brusone), alta produtividade, boas características agrônomicas (boa

arquitetura da parte aérea, folha bandeira longa e ereta, bom vigor inicial, etc.) e adaptadas ao sistema pré-germinado (MARSCHALEK et al., 2008). Aliado a isso, também busca a redução de custos, preservação do meio ambiente e principalmente a melhoria da qualidade de vida do homem do campo.

Para que as pesquisas pudessem ter seu início, materiais genéticos advindos de outras instituições foram fundamentais, uma vez que para o desenvolvimento de cultivares com características superiores, é imprescindível a disponibilidade de variabilidade genética. Estes materiais começaram a ser utilizados resultando em várias cultivares importantes para o Estado na década de 80, além também de dar origem ao banco de germoplasma de arroz irrigado da Epagri. Dentre as instituições que contribuíram com a doação de acessos estão o IRGA (Instituto Rio Grandense), IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), CIAT (Centro Nacional da Agricultura Tropical), IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), Embrapa – CNPAF, Universidade dos Estados Unidos e IRRI (International Rice Research Institute) (VIEIRA, 2007).

No ano de 1980 a primeira cultivar desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético da Epagri foi lançada. Esta denominada Empasc 100, ainda continha características tradicionais, sendo cultivada no Estado por pouco tempo, (aproximadamente somente na safra 1981/1982) (EPAGRI, 2007). Neste mesmo ano, outras duas cultivares foram lançadas (Empasc 101 e Empasc 102), também enquadradas como tradicionais, porém destacando-se principalmente pela qualidade de grãos e resistência à brusone, o que se configurou como avanços no setor produtivo. De 1981 até 2012 outras 14 cultivares foram lançadas, com média de um lançamento a cada 2 anos, embora o tempo estimado para o desenvolvimento de uma cultivar seja em torno de 12 anos (EPAGRI, 2007).

Ao longo dos anos, a pesquisa se intensificou e buscou estar atenta as inovações tecnológicas ditadas pela agricultura moderna, atuando não somente no campo genético, mas também em estudos relacionado ao manejo da cultura, controle de plantas daninhas, adubação, entre outros. Todo esse oneroso, porém importante trabalho foram determinantes para que Santa Catarina alcançasse o recorde brasileiro de produtividade.

Dentro do Estado a utilização de cultivares desenvolvidas por este programa de melhoramento abrange cerca de 95% da área de arroz irrigado. Além disso, há também a dispersão para outras áreas orizícolas no Brasil, bem como para outros países produtores, como Bolívia, Argentina, Paraguai e Venezuela (MARSCHALEK et al., 2008).

Toda essa aceitação está no fato das cultivares modernas da Epagri alcançarem produtividades em torno de 7,5 t/ha. Caso se considere somente as cultivares lançadas mais recentemente esse número pode chegar até 8,1 t/ha, o que representa um incremento de produtividade de 99,75% em relação às cultivares tradicionais utilizadas anteriormente (MARSCHALEK et al., 2008). Na Figura 1 é possível evidenciar mais nitidamente essa diferença.

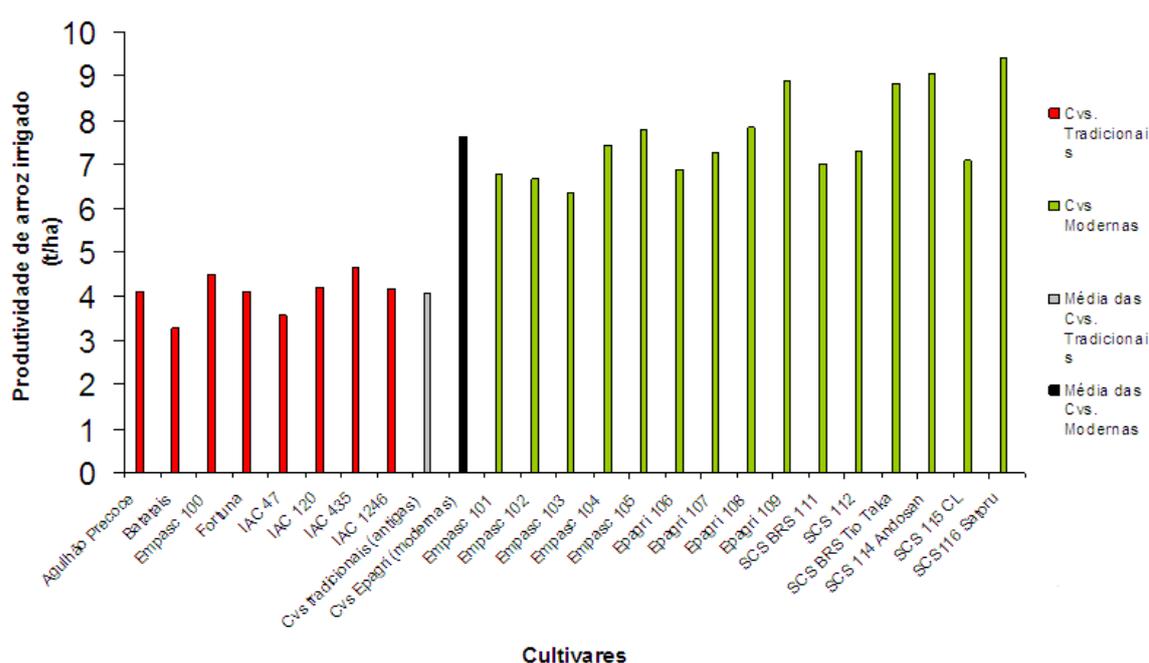


Figura 1. Produtividade (t/ha) das cultivares tradicionais (vermelho), e das cultivares modernas (verde) de arroz irrigado lançadas pela Epagri, bem como a média das cultivares tradicionais (cinza) e média das cultivares modernas (preto) entre os anos de 1981 a 2007.

Fonte: Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado – EEI/Epagri, 2008.

#### 4.3. FLUXOGRAMA DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE ARROZ IRRIGADO – EEI/EPAGRI

O fluxograma de trabalho do Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado da Epagri é mostrado na figura 2.

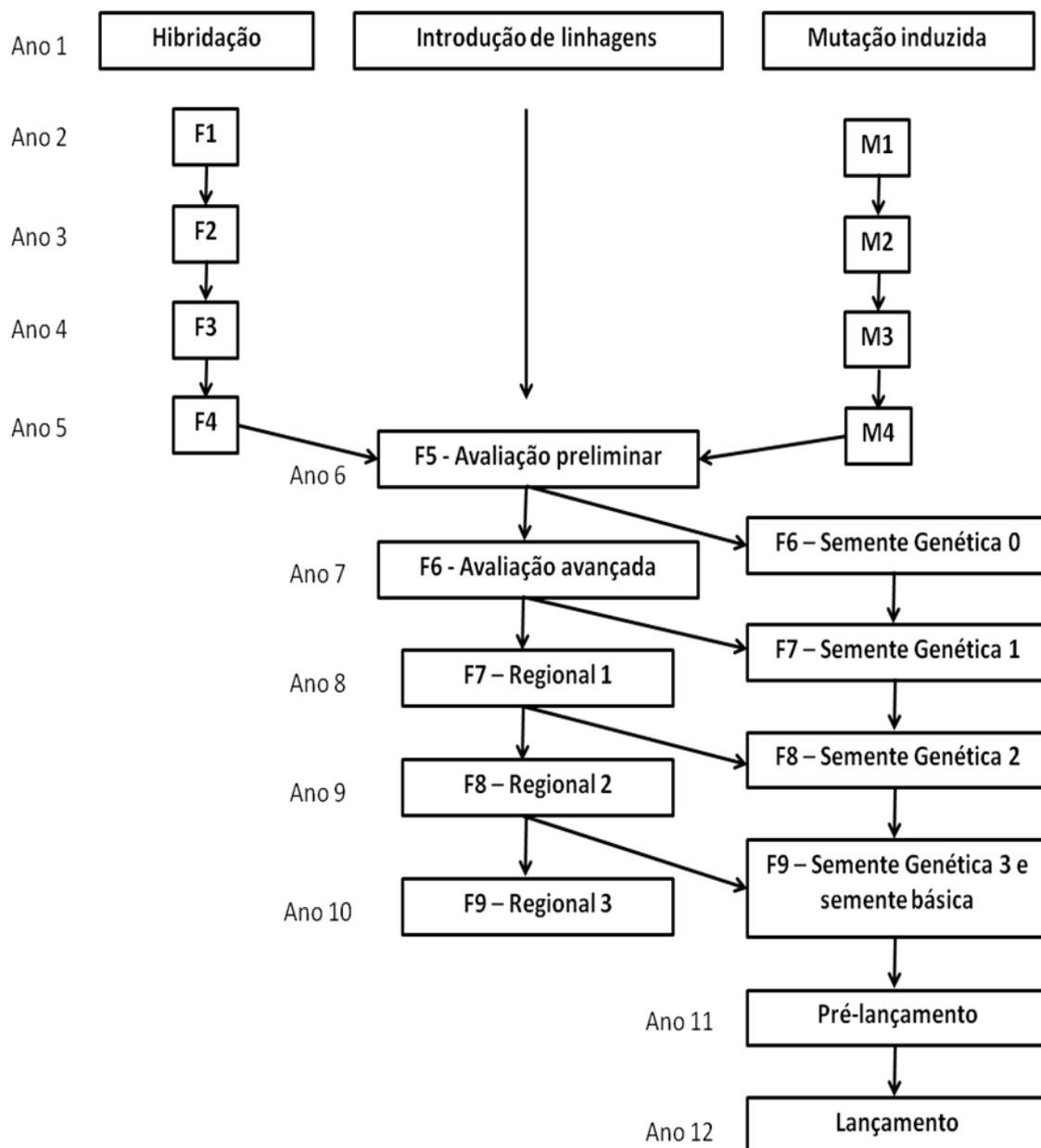


Figura 2. Fluxograma do Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado da Epagri.

Fonte: Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado – EEI/Epagri, 2008.

Neste fluxograma estão representadas todas as etapas executadas pelos melhoristas no desenvolvimento de uma cultivar melhorada de arroz irrigado. Além de ficar demonstrado em detalhes os procedimentos que devem ser adotados no decorrer do processo, neste “mapa de trabalho” também é possível observar toda a organização do projeto em questão. Mais importante do que desenvolver uma tecnologia, é ter

claramente organizado os passos a serem seguidos até a obtenção do produto final. Isso evita perdas tanto de tempo quanto de matéria-prima ao longo do processo, bem como aumenta as chances de sucesso do empreendimento. Em se tratando do melhoramento genético esta organização deve ser ainda criteriosa, já que a caminhada é longa e a demanda ainda maior.

Para que uma pesquisa de melhoramento genético seja iniciada é imprescindível que sejam definidos os métodos de melhoramento a serem empregados, os quais são tidos como a base para a execução do trabalho. No programa de pesquisa desenvolvido pela Epagri, os métodos utilizados são o genealógico, a introdução de linhagens e a mutação induzida.

#### **4.3.1. Introdução de linhagens**

Como mencionado anteriormente no início do programa de melhoramento, o método utilizado foi a introdução de linhagens e cultivares oriundas de outras instituições. No entanto, a medida que os mesmos materiais genéticos são utilizados em cruzamentos e venham gerar novas cultivares, a base genética vai ficando mais estreita pela redução do número de genitores. Este fato remete a uma situação de vulnerabilidade dos materiais quando levados ao campo em virtude principalmente do aumento da pressão de seleção de doenças e pragas.

Estima-se que cerca de 68% do conjunto gênico das variedades de arroz cultivadas no Brasil tenham se originado de apenas 10 ancestrais (RANGEL et al., 1996). Em Santa Catarina, este quadro também se mostra bastante presente, tornando-se uma preocupação permanente dos melhoristas do programa de melhoramento da Epagri para que a base genética dos materiais trabalhados seja ampliada. Dessa forma, a introdução de linhagens é tida como um método utilizado, porém em menor escala. Em alguns anos, a Embrapa/CNPAP envia alguns materiais segregantes F4 oriundos de seleção recorrente para que sejam avaliados pela equipe de pesquisadores da Epagri. No decorrer desta avaliação, caso haja genótipos que apresentem alguma característica interessante para as condições de Santa Catarina, esta poderá ser introduzida ao leque de materiais da Epagri e utilizada no ano seguinte nos cruzamentos. Em geral procedimentos como este pode vir a se tornar algo bastante proveitoso. Como exemplo

disso, pode-se citar a cultivar SCSBRS Tio Taka lançada em 2002, fruto de uma parceria com a Embrapa, sendo a primeira cultivar brasileira originada de seleção recorrente.

#### **4.3.2. Mutação induzida**

Outro método de melhoramento empregado na Epagri é a mutação induzida. Na natureza a mutação ocorre espontaneamente, sendo considerada a única fonte de criação de variabilidade genética e o principal mecanismo de evolução das espécies. Apesar disso, a grande desvantagem deste método é a alta taxa de aparecimento de mutantes deletérios.

Artificialmente a mutação também pode ser realizada, através de agentes mutagênicos físicos e químicos. Em arroz muitos trabalhos já foram realizados com mutação induzida (MALUSZYNSKI et al., 1986; ISHIY, 1991). Tal fato mostrou que a utilização de raios gama é a forma mais eficiente de mutação induzida para a cultura do arroz, em virtude da boa penetração nos tecidos vegetais e possibilidade de dosagens precisas (MONTÁLVAN, 1999). Quanto as características que podem ser alteradas por esta técnica, quase todas foram citadas, apesar de autores como Rutger (1992) afirmar que as principais características alteradas sejam estatura, ciclo e qualidade de grão.

No programa de melhoramento da Epagri a utilização de mutação induzida teve seu início em 1985 através de uma parceria com o Centro de Energia Nuclear na Agricultura – USP/CENA, localizado em Piracicaba/SP em colaboração do Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto. Deste trabalho em conjunto, obteve-se a primeira cultivar brasileira resultante de trabalhos com mutação induzida, denominada SCS 114 Andosan, a qual recebeu este nome em homenagem ao pesquisador Prof Dr. Akihiko Ando (ESALQ/CENA).

Basicamente o processo de mutação induzida começa com o envio de 300 gramas de sementes de arroz para que sejam irradiadas com raios gama no CENA/USP. Em seguida as sementes são encaminhadas para Epagri na Estação Experimental de Itajaí onde se inicia o trabalho de melhoramento genético com a seleção de plantas mutantes com características agronômicas de interesse.

Através do método genealógico, as sementes irradiadas são semeadas em caixas e, quando as mudas atingem o estágio de duas folhas, são transplantadas individualmente, com espaçamento de 0,30m x 0,15m, dando origem a população (M1) com aproximadamente 8.000 plantas. Na maturação, três panículas são colhidas de cada planta. Destas, separa-se aproximadamente a metade para formar a nova geração (M2).

Na geração M2 é formada uma população de aproximadamente 2.500 plantas. Neste estágio encontra-se a maior diversidade genética por expressão dos mutantes, os quais são selecionados e colhidos separadamente, pois cada planta colhida dará origem a uma nova população (M3) (Figura 3).



Figura 3. Plantas segregantes de geração M2 oriundas de mutação induzida através de irradiação com raios gama.

Fonte: Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado – EEI/Epagri.

De M3 a M4 as parcelas são formadas por aproximadamente 220 plantas, as quais são submetidas a avaliações e seleções de famílias e progênies, até se tornarem linhas homogêneas. A seleção nas gerações M2 a M4 são para arquitetura e altura de

planta, tipo de grão, comprimento e largura de folhas, espessura do colmo e sanidade.

Na geração M5 as famílias são avaliadas no experimento denominado “Avaliação Preliminar” onde pela primeira vez avalia-se o potencial produtivo das linhagens além de outras características como resistência ao acamamento, resistência a doenças, tolerância a toxidez por ferro e qualidade de grão.

As linhagens na geração M6 são avaliadas em um experimento denominado “Avaliação Avançada”, com seleção para resistência a doenças e ao acamamento feita mais rigorosamente. As melhores linhagens selecionadas em M7 são então avaliadas em ensaios regionais por três anos em cinco regiões orizícolas do Estado de Santa Catarina. Nesse experimento, parcelas de 60 m<sup>2</sup> com duas testemunhas são utilizadas para avaliar o desempenho produtivo, rendimento industrial, qualidade culinária e resistência a doenças, principalmente a brusone.

#### **4.3.3. Híbridação controlada**

Híbridação é o cruzamento fecundo entre indivíduos, e tem por objetivo a recombinação alélica podendo-se transferir características desejáveis de um ou mais genótipos para um outro (YOKOYAMA E ISHIY, 2002), além de favorecer a expressão de novas características inexistentes nos genitores. Dentro do Programa de Melhoramento Genético desenvolvido pela Epagri a híbridação controlada é a principal vertente de variabilidade genética, sendo no ano de 2012 realizados cerca de 260 cruzamentos e retrocruzamentos, dos quais 210 se tornaram viáveis. Estes cruzamentos constituem a base de trabalho da pesquisa em arroz, uma vez que é a partir destes que são originadas as populações F1 que poderão no futuro constituir uma nova cultivar a ser lançada no mercado.

Dentre as finalidades buscadas com estes cruzamentos, pode-se citar principalmente o aumento de produtividade, qualidade de grão, folha lisa, resistência à brusone e precocidade. No que diz respeito aos tipos de cruzamentos empregados, estes se caracterizaram como simples divergentes, o que significa a utilização de dois genitores bastante contrastantes geneticamente. Na Tabela 1 estão ilustrados exemplos de cruzamentos realizados no ano de 2012 e seus respectivos objetivos.

Tabela 1. Exemplos de alguns cruzamentos realizados pelo Programa de Melhoramento Genético da Epagri através da utilização de hibridação controlada no ano de 2012.

Cruzamentos*	Finalidade
Epagri 108/Lacassine	Qualidade de grão, produtividade e folha lisa
BRS Pampa/Tio Taka	Produtividade
SC 711/BRS Taim	Produtividade, precocidade e folha lisa
SC 705/Empasc 104	Grão preto aromático
SCS 116 Satoru/VF 99134	Grão longo e resistência a doenças
SCS 112/ Raminad	Grão tipo exportação
Epagri 109/IRGA 417	Produtividade e qualidade de grão
SCS 112/BRS Taim	Produtividade, precocidade e folha lisa
SCS 114 Andosan/BRS Fronteira	Produtividade, precocidade e folha lisa
Epagri 108/BRS Pampa	Produtividade e qualidade de grão
SCS 116 Satoru/Tetep	Resistência à brusone
Sabbore/ SCS 116 Satoru	Produtividade e tolerância ao frio
Tio Taka/IRGA 427	Produtividade, precocidade e folha lisa

\*De acordo com as normas internacionais, em cruzamentos, o genitor feminino fica disposto à esquerda e o genitor masculino à direita.

A realização da hibridação controlada tem seu início no mês de janeiro podendo prosseguir até fevereiro dependendo do ciclo dos genótipos utilizados. Para que o procedimento seja efetuado primeiramente os genitores são escolhidos no banco de germoplasma, de acordo com os caracteres de interesse. Vale ressaltar que a escolha dos genitores se estende desde cultivares comerciais até linhagens promissoras que estejam em avaliação por dois anos consecutivos no experimento Regional e algumas do experimento Avançado. Além disso, materiais oriundos de outras instituições que porventura venham a apresentar alguma característica interessante também podem ser utilizados.

Definida esta etapa, a coleta dos perfilhos férteis do genitor feminino selecionado que deve estar no estágio anterior a antese ocorre no início da manhã. Um dos motivos da coleta ocorrer neste estágio justifica-se pelo fato da abertura da pálea e da lema não ter ocorrido, preservando a saída das anteras e conseqüentemente

polinização indesejada. Em geral coleta-se dois ou três perfilhos com raiz, a fim de evitar que este material se desidrate e seja perdido, além da raiz ter papel fundamental na sustentação dos perfilhos na fase de polinização.

Após a retirada dos perfilhos, os mesmos são colocados em baldes com água e encaminhados até um local protegido de vento para evitar problemas com desidratação. Com o auxílio de uma tesoura pequena o excesso de folhas são retirados, bem como as espiguetas que encontram-se fecundadas ou muito jovens, caracterizadas pela coloração esbranquiçada das anteras. Em seguida, um corte de um terço da parte superior de cada espiguetas é realizado (Figura 4) e as anteras aspiradas através de uma agulha hipodérmica (15 mm x 30 mm) acoplada a uma mangueira ligada à moto-bomba (Figura 5). Este procedimento é conhecido como emasculação.



Figura 4. Corte de um terço da parte superior de cada espiguetas da panícula de arroz, realizada com auxílio de tesourinha no procedimento de hibridação controlada.

Fonte: Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado – EEI/Epagri



Figura 5. Sucção das anteras do interior da espiguetas com auxílio de uma agulha hipodérmica acoplada a uma mangueira ligada à moto-bomba, caracterizando o processo de emasculação. Itajaí, 2012.

O próximo passo consiste na polinização. Nesta etapa os perfilhos contendo as espiguetas emasculadas são encaminhados até um local onde se encontra o genitor masculino selecionado a fim de que o pólen seja liberado. Para que isso aconteça é necessário que as flores estejam abertas, e que as panículas emasculadas sejam colocadas próximas ao genitor masculino em plena floração (Figura 6). Com a mão, leves batidas são dadas na panícula contendo as flores abertas para que o pólen caia sobre as espiguetas emasculadas.

O procedimento de polinização deve ser feito entre as 11 e 14 horas, com temperaturas ideais de 25 a 30°C. O pólen é liberado no momento da antese e mantém-se viável por 5 minutos após sua liberação, enquanto o estigma se mantém fértil por até 5 dias (COFFMANN & HERRERA, 1980). Sendo assim, os genitores femininos são deixados junto ao masculino por cerca de 5 dias para que a ação do vento favoreça a polinização. É importante salientar que os perfilhos devem ficar sempre com as raízes submersas (Figura 7).

Após esse período os perfilhos são retirados e colocados em um telado, permanecendo dentro de baldes, os quais devem conter solo e água, por cerca de 30 dias

(Figura 8). Findado este prazo, será possível observar se houve sucesso na fecundação através da obtenção de sementes híbridas (Figura 9). Caso haja apenas uma única sementinha, o cruzamento já pode ser considerado um sucesso, pois esta dará origem a uma planta na safra seguinte, que por sua vez produzirá mais sementes que poderão ser utilizadas nas próximas etapas da pesquisa. Após a coleta das sementes híbridas, estas são armazenadas em câmara fria, sob temperatura de 10°C e 25% de UR.



Figura 6. Panícula do genitor masculino em plena floração mostrando a extrusão das anteras, ideal para a realização de polinização. Itajaí, 2012.



Figura 7. Perfilhos polinizados amarrados ao genitor marculino. No detalhe observa-se que os mesmos se encontram com as raízes submersas para evitar perdas por desidratação. Itajaí, 2012.



Figura 8. Perfilhos armazenados em baldes com água e terra após a polinização. Itajaí, 2012.



Figura 9. Sementes híbridas oriundas do procedimento de hibridação controlada, mostrada no círculo. Itajaí, 2012.

#### **4.3.4. Avaliações e seleções de famílias promissoras**

As sementes oriundas da hibridação controlada são utilizadas para dar origem a geração F1, as quais são plantadas em caixas de madeira, contendo solo de textura arenosa peneirado e de baixa fertilidade. Em cada caixa são semeados seis genótipos em linhas de 20 cm com 10 cm entre eles. Quando as plântulas atingirem duas a três folhas, as mesmas são transplantadas manualmente para um telado, onde para cada genótipo são destinados de 2 a 3 linhas. Os genitores também são transplantados neste local (Figura 10). Nesta geração as avaliações feitas são relacionadas apenas a caracteres dominantes a fim de poder analisar a herança de alguns marcadores genéticos nas gerações subsequentes.



Figura 10. Telado utilizado para transplante de genitores e plantas F1 na EEI/Epagri. Itajaí, 2012.

Nas gerações seguintes, entre F2 e F5 novamente as plantas são transplantadas em linha, no entanto este número aumenta para 4 ou 5 linhas. Esta prática de plantio manual em linha existe para que somente se avalie o material vegetal de interesse, eliminando plantas que não fazem parte do stand. Nestas fases o transplante é feito a campo, e não mais em telado.

Famílias F2 são selecionadas fenotipicamente quanto à sua arquitetura, altura, perfilhamento, sanidade, tipo de grão, número de grãos nas panículas, ângulo e inserção da folha bandeira, entre outras características. Nesta geração ocorre a maior expressão de segregação entre as plantas. Dessa forma, as mesmas são selecionadas e colhidas individualmente (progênies), sendo sua genealogia cuidadosamente anotada para que não se perca sua origem.

Nas gerações F3 e F4, algumas observações mais detalhadas são realizadas em nível de campo, como a produtividade. Esta informação mostra-se bastante importante, pois pode garantir a permanência na fase seguinte de algum genótipo que possivelmente seria descartado.

Em F5, as plantas selecionadas são encaminhadas para um experimento denominado “Preliminar”. Nesta fase os genótipos já estão mais homogêneos, por isso são avaliados quanto a sua capacidade produtiva.

Diferentemente do que acontece até F5, na geração F6 os materiais até então selecionados são semeados a lanço num experimento chamado “Avançado”. Nesta etapa

supõe-se que os genótipos já se encontram em homozigose para a maioria dos locos, sendo, portanto avaliados em uma situação típica de lavoura através de fatores como competição, perfilhamento, acamamento, entre outros. Todas as famílias que chegarem até esta fase são denominadas Linhagens e recebem a sigla SC juntamente com uma numeração, além de terem uma amostra de suas sementes guardadas na coleção da Epagri.

É importante ressaltar que todas as plantas selecionadas em campo no decorrer destes experimentos serão encaminhadas para o laboratório de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado localizado na EEI-Epagri. Neste laboratório, as plantas são novamente avaliadas quanto a características como tipo de grão (relação comprimento-largura, visando o longo-fino), presença ou não de centro branco (gesso), aristas, coloração de pálea e lema, amilose e avaliações sensoriais, entre outras.

Da fase F6 em diante as linhagens mais promissoras também começam a ser multiplicadas como semente genética. Esta multiplicação é feita tendo sempre um funcionário de campo realizando rigorosamente a prática do *roguing* a fim de garantir a qualidade do material gerado. As mudas são transplantadas manualmente.

A partir de F7, já nos estágios finais do processo as linhagens que são selecionadas como promissoras passam a ser testadas em 5 locais diferentes (VCU) que representam as regiões orizícolas de Santa Catarina. Atualmente os ensaios regionais ocorrem na EEI-Epagri e nos municípios de Massaranduba, Pouso Redondo, Tubarão e Turvo, os quais são realizados por três anos consecutivos. Em parceria com a Epagri o Sindarroz/SC – Sindicato das Indústrias de Arroz – também realiza avaliações em caráter industrial das novas linhagens desenvolvidas que aliadas às boas características agrônômicas podem ser lançadas no mercado como novas cultivares.

Em geral, caso as linhagens sejam aprovadas em todos os requisitos desejados, no estágio de F10 inicia-se a produção de sementes certificadas pela Associação Catarinense de Produtores de Sementes de Arroz Irrigado – Acapsa. Essa produção é realizada para que na safra após o lançamento já haja disponível para os agricultores sementes certificadas para cultivo. O lançamento ocorre geralmente no 12º ano após o início do processo marcado pela hibridação.

Na ocasião do lançamento, uma apresentação da cultivar é feita na EEI-Epagri por meio de palestras e visitações a campo. Agricultores, técnicos, engenheiros agrônomos e empresas relacionadas à área são convidados e recebem todas as informações necessárias para que o cultivo desta nova cultivar seja iniciado. No ano de

2012 no dia 16 de fevereiro, a 17ª cultivar de arroz irrigado foi lançada pela Epagri (Figura 11). Esta cultivar caracterizada pela resistência ao herbicida Only através do Sistema Clearfield surge como uma boa opção no controle do arroz vermelho, considerado uma planta daninha causadora de significativos prejuízos na lavoura. Além disso, é uma cultivar que durante o período de avaliações apresentou boa produtividade, bem como outras características agrônômicas interessantes. Entretanto, seu ponto fraco está na suscetibilidade a mancha parda.



Figura 11. Fotos retiradas no momento do lançamento da cultivar SCS 117 CL da Epagri em 16 de fevereiro de 2012. Itajaí, 2012.

#### 4.4. TIPOS ESPECIAIS DE ARROZ

Os tipos especiais de arroz são pouco conhecidos no Brasil. Em geral, o consumo de arroz se restringe basicamente aos grãos brancos longos e finos ou em menor escala ao arroz parboilizado ou integral. Dessa forma, nichos de mercado podem ser oportunizados através do plantio e consumo de tipos especiais, como arroz preto, vermelho, aromáticos, arbóreos e catetos.

Atualmente no Brasil, os tipos especiais de arroz são consumidos por nichos específicos de mercado, associados a tradições culturais de alguns povos ou mesmo oferecidos em restaurantes especializados ou étnicos (PLANETA ARROZ, 2006a).

Uma das grandes vantagens do cultivo de tipos especiais está no maior valor agregado do produto, embora a desvantagem esteja baseada na baixa produtividade das variedades cultivadas, além é claro do baixo consumo. Apesar disso, este quadro tem melhorado nos tempos recentes em função de estudos explorados pela mídia especializada em saúde, que demonstraram o alto valor nutritivo e nutracêutico destes tipos especiais de arroz. Adicionalmente, podem ser uma excelente alternativa de renda para pequenas propriedades, predominantes no Estado de Santa Catarina (EPAGRI, 2012b).

A seguir serão descritos os principais tipos especiais de arroz que são trabalhados pelo Programa de Melhoramento Genético da Epagri.

#### 4.4.1. Arroz preto

O arroz preto, também conhecido como arroz negro, pertence à espécie *Oryza sativa* L., a mesma do arroz branco, e apresenta a casca cor de palha e o pericarpo preto (Figura 12). Originário da China, onde é plantado há mais de 4000 anos, era conhecido como ‘arroz proibido’, uma vez que seu consumo estava restrito apenas ao imperador chinês (BASTOS et al., 2004). Um outro tipo de arroz preto, chamado de arroz preto selvagem, é nativo da América do Norte, no entanto pertence a outra espécie, *Zizania aquatica*, embora ambos os gêneros, *Zizania* e *Oryza*, pertençam a família Poaceae (WICKERT et al., 2011).

Dentre as principais características do arroz preto está no fato do mesmo apresentar maior quantidade de proteínas, fibras e carboidratos do que o arroz branco e o integral, além de compostos fenólicos, os quais são considerados antioxidantes muito benéficos para a saúde.



Figura 12. Arroz preto, diferentes formatos de grão. **A**- Grãos característicos de *O. sativa* ssp. *indica*; **B**- Grãos característicos de *O. sativa* ssp. *japonica*.

Fonte: Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado – EEI/Epagri.

#### 4.4.2. Arroz vermelho

O arroz vermelho também pertencente à espécie *Oryza sativa* L. (Figura 13), e é cultivado em pelo menos quatro continentes: América (Argentina, Brasil, Nicarágua e Venezuela), Europa (França e Rússia), África (Madagascar e Moçambique) e Ásia (Butão, China, Coreia do Sul, Filipinas, Índia, Indonésia, Japão, Malásia, Nepal, Sri Lanka e Tailândia) (PEREIRA et al., 2009).

Sua forma mais conhecida é a espontânea, tida como planta invasora por causar consideráveis prejuízos às lavouras de arroz branco por competir diretamente por luz, água e nutrientes (PEREIRA, 2004). Aliado a isso, seu alto grau de degrane natural, acarreta aumento dos custos de produção devido as práticas adicionais de controle adotadas pelo produtor, além do fato das sementes de arroz-vermelho permanecerem viáveis no solo por longo período de tempo, tornando difícil a sua erradicação em áreas infestadas (NOLDIN et al., 2004). Contudo, como resultado do cruzamento natural entre o arroz vermelho tradicional e o arroz branco, já foram identificadas variedades de arroz vermelho com arquitetura de planta moderna (porte baixo, folhas curtas, estreitas e eretas) e elevado potencial produtivo (PEREIRA et al., 2008). Quanto às características de natureza culinária, há um conceito generalizado segundo o qual o arroz vermelho possui menor teor de amilose (causa da tendência de seu empapamento) e requer maior tempo para o seu efetivo cozimento e, em relação ao valor nutricional, seria mais rico nos nutrientes ferro e zinco do que o arroz branco (PEREIRA, 2004; PEREIRA et al., 2007).



Figura 13. Arroz vermelho em diferentes formatos de grãos. **A**- Grãos característicos de *O. sativa* ssp. *indica*; **B**- Grãos característicos de *O. sativa* ssp. *japonica*.

Fonte: Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado – EEI/Epagri.

#### 4.4.3. Arroz glutinoso

Arroz do tipo glutinoso, com baixo teor de amilose e por conseqüência com alta capacidade de agregação dos grãos entre si é muito utilizado na culinária oriental, principalmente a japonesa para o preparo de pratos típicos (EPAGRI, 2012b). Igualmente a culinária italiana se beneficiou deste processo, uma vez que risotos também utilizam tipos com baixo teor de amilose (VIEIRA et al., 2002), como é o caso dos conhecidos arborio, carnaroli e vialone. Este tipo de arroz pertence à espécie *O. sativa* var. *japonica* (EPAGRI, 2012b).

#### 4.4.4. Arroz aromático

O arroz conhecido como aromático é originário das planícies centrais da Tailândia, onde começou a ser cultivado há mais de 4000 anos (BASTOS et al., 2001). Este arroz é assim denominado em virtude da produção de altas concentrações de 2-Acetil-1-Pyrroline, o que confere um sabor natural amanteigado ou de pipoca de microondas (BASTOS et al, 2001). Dentre as variedades desse tipo pode-se citar a Basmati, Empasc 104 e Jasmine (Figura 14).



Figura 14. Variedades de arroz aromático: A- Basmati, B- Empasc 104; C- Jasmine.

Fonte: Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado – EEI/Epagri.

#### 4.4.5. Lançamento cultivares comerciais de tipos especiais

Para meados do ano de 2012, a Epagri planeja o lançamento de duas cultivares de tipos especiais de arroz, uma de grão preto e outra de grão vermelho. Ensaio com as

respectivas linhagens já vem sendo realizados igualmente as variedades de arroz branco, as quais mostraram qualidades agronômicas e produtividade satisfatórias, garantindo assim seu lançamento para cultivo comercial. Mesmo com o desenvolvimento destas novas cultivares, a Epagri continuará com essa linha de pesquisa para potencializar no futuro o lançamento de outras cultivares com estas características, bem como de utilizá-los em cruzamentos através da hibridação controlada.

#### **4.5. MANEJO DE PRAGAS**

As principais pragas que atacam a cultura do arroz irrigado são a Bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*), Lagarta-boiadeira (*Nymphula indomitalis*), Percevejo-do-colmo (*Tibraca limbativentris*) e Percevejo-do-grão (*Oebalus poecilus*). Além disso, como pragas secundárias estão a Lagarta militar (*Spodoptera frugiperda*), Broca-do-colo (*Ochetina uniformis*) e Caramujos (*Pomacea canaliculata*) (SOSBAI, 2010).

Dentro do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado da Epagri o manejo de pragas é baseado principalmente da utilização de MIP e monitoramento. Tais métodos evitam o uso indiscriminado de controle químico e proporciona ao agricultor maior controle dos eventos ocorrentes em sua lavoura. Em muitos casos um monitoramento bem feito é crucial para a identificação correta da praga e determinação do nível de dano econômico que está sendo causado. Dessa forma, a melhor solução para o controle será tomada, visando sempre a diminuição de custos de produção bem como a preservação do meio ambiente. Embora várias vantagens sejam apresentadas pela adoção destas práticas, muitos agricultores não se sentem atraídos em utilizarem no seu dia-a-dia. Mesmo assim, de acordo com o pesquisador da EEI-Epagri responsável pela área de entomologia do Projeto Arroz, o trabalho deve continuar a fim de obter informações consistentes que possam ser levadas ao agricultor e auxiliá-lo de alguma forma.

Seguindo nesta linha de raciocínio dentro do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado da Epagri várias estratégias de controle e monitoramento de pragas são testadas. Como a cultura do arroz em Santa Catarina é irrigada a própria lâmina de água pode atuar como um método cultural. Normalmente a inundação da lavoura já é uma ocasião para o controle de pragas, porém, dependendo da praga, a drenagem da área é

que pode resolver. Noutras situações, o aumento da lâmina d'água é que auxilia o controle (EPAGRI, 2012c).

Outra opção que visa principalmente o controle do percevejo-do-colmo é a utilização de culturas armadilhas (Figura 15). Este método consiste no plantio ao redor de um quadro de arroz de algumas plantas de citronela (*Cymbopogon winterianus*), as quais servirão de abrigo para os percevejos no inverno quando estes estiverem em fase de hibernação. Através destas armadilhas será possível não somente monitorar a população desta praga, como também eliminá-la, evitando que na próxima safra ela venha a se tornar um problema na lavoura.



Figura 15. Touceiras de citronela (*Cymbopogon winterianus*) ao redor de um quadro de arroz sendo utilizadas como culturas armadilhas para o monitoramento e controle do percevejo-do-colmo. Itajaí, 2012.

Armadilhas também são bastante utilizadas (Figura 16). O seu uso quer para monitoramento populacional, ou eventualmente coleta massal, poderão futuramente estar disponíveis para aplicação nas lavouras. Estudos em andamento e em vias de implantação buscam viabilizar o uso da armadilha luminosa para a bicheira-da-raiz, como também de feromônio para o percevejo-do-colmo (EPAGRI, 2012c).



Figura 16. Armadilhas luminosas utilizadas no monitoramento de pragas da cultura do arroz irrigado na EEI-Epagri. **A-** Modelo Luiz de Queiroz; **B-** Modelo Janela. Itajaí, 2012.

Atualmente também está sendo testada uma armadilha utilizando urina de vacas como atrativo (Figura 17). Resultados muito interessantes foram obtidos para a cultura da soja no estado do Paraná. No entanto, até o momento não foram alcançados os mesmos resultados para o arroz irrigado, fato este que fará com que esta armadilha em breve não seja mais utilizada.



Figura 17. Armadilha para percevejo-do-colmo utilizando como atrativo, urina de vaca. **A-** Garrafa pet utilizada como armadilha; **B-** Troca do atrativo e monitoramento. Itajaí, 2012.

Para a Bicheira-da-raiz, considerada uma praga-chave da cultura do arroz irrigado, um interessante trabalho também vem sendo desenvolvido na EEI-Epagri há 6 anos consecutivos. Em geral, os agricultores realizam aplicações de inseticidas preventivamente, o que além de elevar o custo de produção também tem graves conseqüências a nível ambiental. Dessa forma, este estudo busca esclarecer os prejuízos provocados pela incidência deste inseto, já que em muitos casos estes são superestimados, bem como analisar se há incrementos de produtividade quando se utiliza o controle químico.

Na busca destas respostas experimentos foram implantados ao longo de 6 safras seguidas. Analisando os resultados foi possível concluir que até a safra 2010/11 não houve diferença significativa de produtividade entre parcelas tratadas com inseticidas em relação às testemunhas que não receberam tratamento. Resultados semelhantes também foram obtidos por Marschalek et al. (2007) em duas safras agrícolas (2005/06 e 2006/07), Marschalek e Hickel (2009) nas safras 2007/08 e 2008/09 e por Marschalek et al. (2011) nas safras 2009/10 e 2010/11.

Para a safra 2011/12 um novo experimento está sendo acompanhado pela equipe de pesquisa da EEI-Epagri, agora composto apenas por duas cultivares a serem avaliadas, mas com a expectativa de que os resultados sejam os mesmos. Nos experimentos anteriores 8 cultivares foram utilizadas, porém neste último optou-se pela diminuição do número de genótipos avaliados a fim de otimizar o trabalho, já que os resultados obtidos anteriormente mostraram-se semelhantes.

#### 4.6. MANEJO DE DOENÇAS

Dentre os fatores limitantes da expressão do potencial produtivo das lavouras de arroz irrigado estão as doenças. Santa Catarina apesar da vice liderança em produtividade, possui graves perdas nas lavouras em decorrência da incidência de doenças, como a brusone (*Pyricularia grisea* (Cooke); *Magnaporthe grisea* (Barr.) – forma perfeita), mancha parda (*Helminthosporium oryzae*), mancha estreita (*Cercospora oryzae*), escaldadura (*Gerlachia oryzae*), queima das bainhas (*Rhizoctonia solani*) e falso carvão (*Ustilaginoidea virens*) (SOSBAI, 2010), (Figura 18).

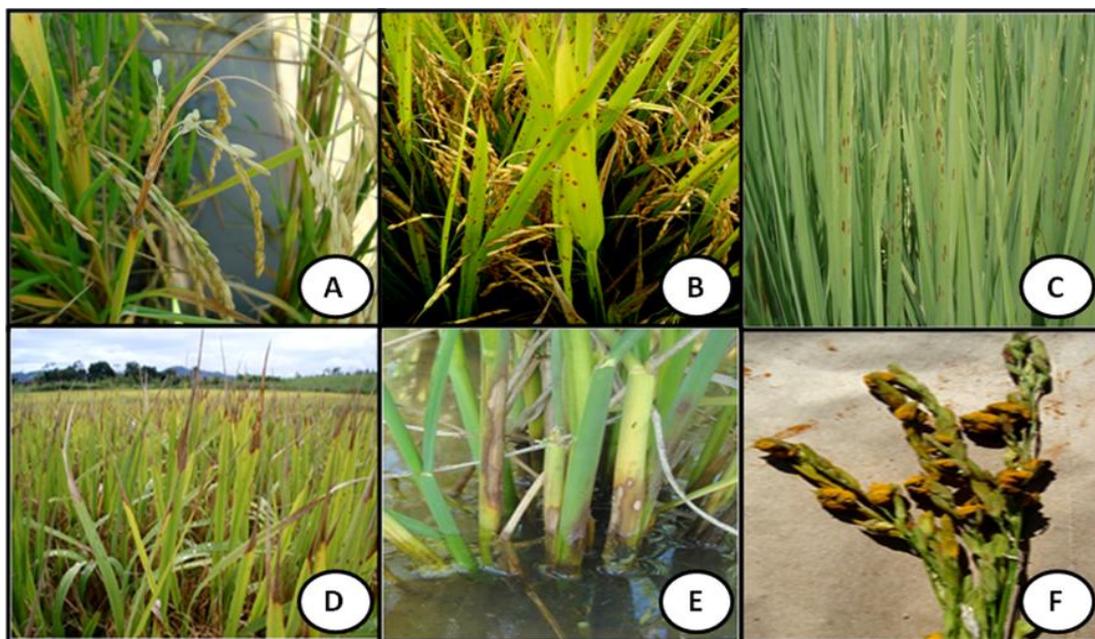


Figura 18. Doenças ocorrentes na cultura do arroz irrigado: **A-** brusone (*Pyricularia grisea* (Cooke); *Magnaporthe grisea* (Barr.) –forma perfeita), **B-** mancha parda (*Helminthosporium oryzae*), **C-** mancha estreita (*Cercospora oryzae*), **D-** escaldadura (*Gerlachia oryzae*), **E-** queima das bainhas (*Rhizoctonia solani*) e **F-** falso carvão (*Ustilaginoidea virens*). Itajaí, 2012.

De todas as doenças, a brusone é aquela que se constitui na causadora dos maiores danos tanto na produtividade como na qualidade de grãos, podendo comprometer até 100% da produção. Como formas de controle o uso de fungicidas é bastante empregado, embora a resistência genética seja um método bastante procurado por ser mais barato, fácil de ser aplicado e com maior segurança para o consumidor e menor impacto ambiental. Entretanto, a estreita base genética utilizada nos cruzamentos das cultivares modernas e a elevada variabilidade genética do patógeno, esta resistência pode não ser durável.

Neste contexto, a obtenção de um método que seja mais eficiente no controle desta moléstia é algo que o Programa de Melhoramento Genético da Epagri vem buscando através de suas pesquisas. A proposta é trabalhar com a estratégia conhecida como piramidação de genes, a qual é empregada para reduzir a vulnerabilidade das culturas em razão das mudanças de virulência do patógeno (HITTALMANO et al., 2000). Para tal, utiliza-se isolinhas de arroz (grupo de linhas quase isogênicas) que possuem genes de resistência à brusone. Estas isolinhas são então usadas nos cruzamentos dentro do processo de melhoramento genético e com o auxílio de marcadores moleculares é feita a avaliação se o gene em questão foi transferido para o material vegetal de interesse.

Este trabalho ainda encontra-se em andamento na EEI-Epagri, porém quando for finalizado se constituirá numa importante ferramenta no controle da brusone, trazendo maiores benefícios aos agricultores, seja em produtividade ou na diminuição de custos com fungicidas, além de evitar problemas com resistência dos mesmos.

#### **4.7. MANEJO DE PLANTAS DANINHAS**

A ocorrência de plantas invasoras destaca-se como um dos principais fatores limitantes da produção e da produtividade da cultura do arroz irrigado. A diversidade de espécies e o seu elevado índice de ocorrência dificultam seu controle com conseqüências negativas diversas. As perdas provocadas na produção podem ser elevadas. De acordo com estimativas cerca de 20% das perdas diretas ocorrentes nas lavouras de Santa Catarina e Rio Grande do Sul são provocadas pela competição com o arroz vermelho (AGOSTINETO et al., 2001).

Dentre as principais plantas daninhas infestantes das lavouras de arroz irrigado pode-se citar o Arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), Capim arroz (*Echinochloa* sp.), Sagitária (*Sagittaria montevidenses*), Aguapé (*Heteranthera reniformis*), Angiquinho (*Aeschynomene* spp), Tiririquinha (*Cyperus* sp), Cuminho (*Fimbristylis miliacea*), Cruz de malta (*Ludwigia* spp), Capim macho (*Ischaemum rugosum*), Grama boiadeira (*Luziola peruviana*), entre outras (SOSBAI, 2010), (Figura 19).

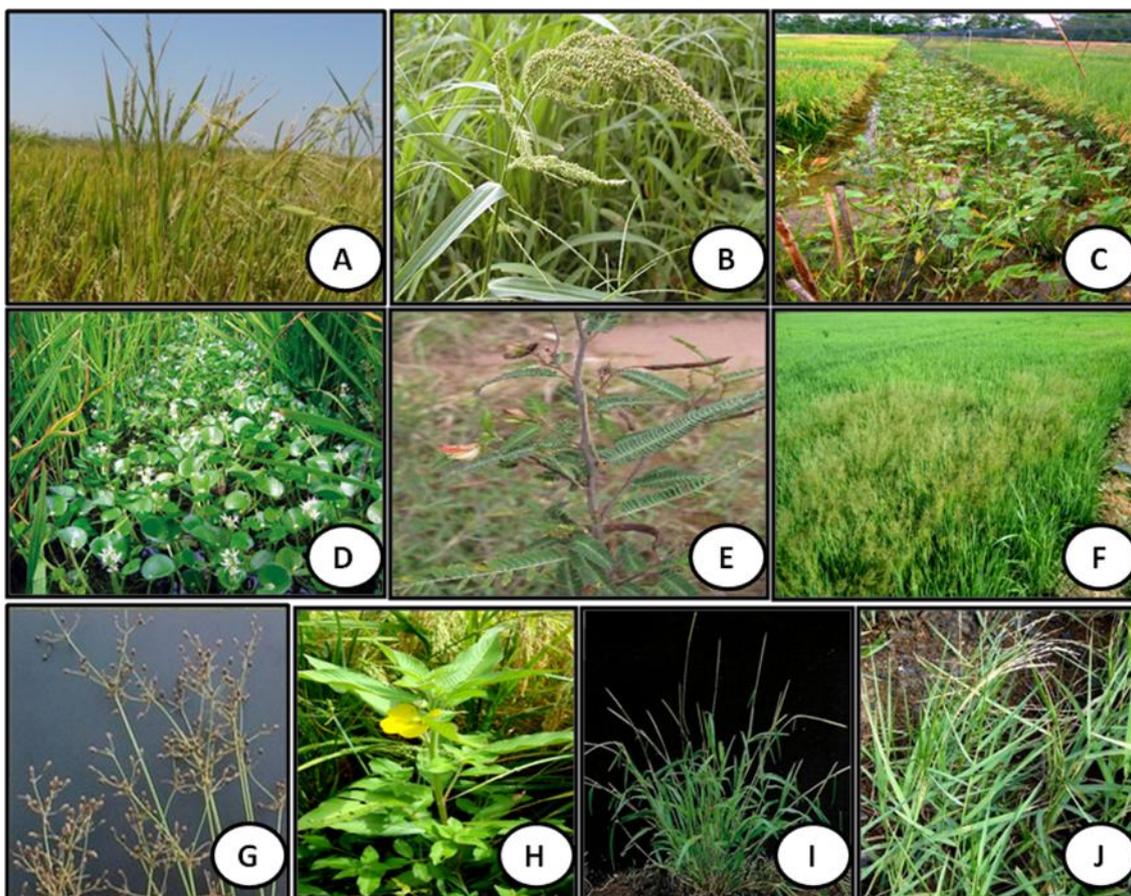


Figura 19. Principais plantas daninhas infestantes das lavouras de arroz irrigado: **A-** Arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), **B-** Capim arroz (*Echinochloa* sp.), **C-** Sagitária (*Sagittaria montevidenses*), **D-** Aguapé (*Heteranthera reniformis*), **E-** Angiquinho (*Aeschynomene* spp), **F-** Tiririquinha (*Cyperus* sp), **G-** Cuminho (*Fimbristylis miliacea*), **H-** Cruz de malta (*Ludwigia* spp), **I-** Capim macho (*Ischaemum rugosum*), **J-** Grama boiadeira (*Luziola peruviana*). Itajaí, 2012.

Em virtude das significativas perdas que a ocorrência de plantas daninhas pode trazer para a lavoura de arroz irrigado, alguns métodos de controle estão sendo utilizados a fim de eliminar ou minimizar a infestação. Cuidados preventivos como a escolha da área, limpeza de máquinas e uso de sementes isentas de sementes de plantas

daninhas já são tidas como boas práticas de controle. Outros métodos podem ser utilizados no pré-plantio ainda no preparo do solo, manejo da lâmina de água, densidade e época de plantio, controle biológico através da criação de marrecos-de-pequim ou ainda o controle químico. Este último em muitos casos é a única maneira utilizada pelo agricultor para o combate das plantas daninhas, ação que pode desencadear problemas com resistência aos herbicidas.

De todas as espécies de plantas daninhas que podem infestar a lavoura de arroz irrigado, sem dúvida o arroz vermelho mostra-se como o maior problema a ser solucionado, devido a falta de herbicidas seletivos. Na tentativa de trazer alternativas eficientes de controle para esta planta infestante, o programa de melhoramento genético da Epagri vem trabalhando com o Sistema Clearfield, disponibilizando no mercado duas cultivares (SCS 115 CL e SCS 117 CL) com esta tecnologia.

Esse sistema consiste no uso de cultivares de arroz portadoras de genes que conferem resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, tendo como representantes os produtos comerciais Only e Kifix. Esta característica foi obtida, inicialmente, por mutação induzida e transferida para cultivares convencionais e híbridos pelo melhoramento genético convencional. Atualmente, é considerada uma das principais alternativas de controle do arroz vermelho (SOSBAI, 2010).

## **4.8. OUTRAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

### **4.8.1. Viagens técnicas realizadas**

Ao longo do período de execução do estágio realizado na EEI-Epagri, algumas viagens foram feitas juntamente com os pesquisadores envolvidos na pesquisa com arroz irrigado. Visitas a propriedades rurais, unidades demonstrativas contendo cultivares e linhagens da Epagri, reuniões técnicas e Dias de Campo foram algumas das atividades desenvolvidas nos municípios de Pouso Redondo, Lontras, Taió, Rio do Campo, Turvo, Jacinto Machado e Araranguá.

Nestas viagens, foi possível além de conhecer novos lugares, ter noção de como se comporta a agricultura, notadamente a cultura do arroz irrigado, nas diferentes regiões do Estado. Adicionalmente, a visualização da realidade do campo e os desafios

a serem enfrentados no decorrer da vida profissional como engenheiro agrônomo também foram importantes questões observadas.

No que diz respeito as inúmeras unidades demonstrativas distribuídas pelas regiões produtoras de arroz em Santa Catarina, estas são tidas como uma importante ferramenta na observação do comportamento agronômico e produtivo de cultivares comerciais ou linhagens promissoras.

Através das informações obtidas a partir destas unidades, recomendações de cultivares poderão ser feitas para uma determinada região, além de apoio específico quanto a questões de manejo da cultura. Em muitos municípios também são realizados nas unidades demonstrativas dias de campo ou reuniões técnicas, os quais tem a função de levar novidades e auxiliar os agricultores da região, contribuindo para o êxito da atividade no Estado.

#### **4.9. PERSPECTIVAS E DESAFIOS**

Ao se analisar o desempenho da cultura do arroz irrigado em Santa Catarina antes e após o trabalho desenvolvido pelo Programa de Melhoramento Genético da Epagri tem-se claramente noção da importância da realização de pesquisa nesta área. A atual situação de vice líder em produtividade nacional e a ótima aceitação das cultivares lançadas, tanto pelos agricultores catarinenses como por outras regiões produtoras de arroz no Brasil e de países da América Latina refletem o sucesso do trabalho realizado até então.

Apesar disso, muitos desafios ainda deverão ser enfrentados, uma vez que a agricultura requer um constante aperfeiçoamento, principalmente no que diz respeito a otimização da utilização de recursos naturais e obtenção de maiores produtividades. Apesar de algumas pesquisas já terem sido iniciadas, alguns impasses como a brusone, acamamento e baixas temperatura merecem devida atenção. Além disso, questões relacionadas a sustentabilidade do sistema produtivo e respeito ao meio ambiente também devem estar sempre em pauta.

Vale ressaltar que a busca pela excelência não é um caminho fácil, porém já está mais do que provado que organização, competência e principalmente respeito pelo agricultor são princípios básicos para que o sucesso de uma pesquisa seja alcançado.

#### 4.10. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ABADIE, T et al. (2005) Construção de uma coleção nuclear de arroz para o Brasil. **Pesq. Agropec. Bras**, vol.40, n.2, p. 129-136.

AGOSTINETTO et al. (2001) Arroz vermelho: Ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência rural**, Santa Maria, v 31, n.2, p. 341 – 349.

AZAMBUJA, I.H.V.; MAGALHÃES JR, A.M.; VERNETTI JR, F.J. (2002) Situação da cultura do arroz no Mundo e no Brasil. In: **Série Culturas: Arroz**. Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo.

BASTOS, R.C. et al. (2001). IAC 500 – grão aromático e resistência ao acamamento. **Instituto Agronômico de Campinas**. Folder. Disponível em: [HTTP://www.iac.com.br/Cultivares/Folders/Arroz/IAC600.htm](http://www.iac.com.br/Cultivares/Folders/Arroz/IAC600.htm). Acesso em: 13 mai. 2012.

BASTOS, R.C. et al. (2004). IAC 600 – cultivar de arroz tipo especial exótico preto. **Instituto Agronômico de Campinas**. Folder. Disponível em: [HTTP://www.iac.com.br/Cultivares/Folders/Arroz/IAC600.htm](http://www.iac.com.br/Cultivares/Folders/Arroz/IAC600.htm). Acesso em: 13 mai. 2012.

BASSINELO, P.Z. (2006) Aproveitamento industrial. In: SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. Ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. Cap. 24, p. 1007-1042.

BELÓ, A.; FERREIRA, M. E. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Centro de Ciências Agrárias. **Avaliação de recursos genéticos para produção de híbridos de arroz (Oryza sativa L.)**. Florianópolis, 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias.

CASTRO, E.M.; VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. (1999) **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).

COFFMANN, W.R.; JULIANO, B.O. (1987) Rice. In: OLSON, R.A.; FREY, K.J. Nutritional quality of cereal grains:genetic and agronomic improvement. Madison: **American Society of Agronomy**, p.101-131

COFFMANN, W.R.; HERRERA, R.M. (1980) Rice. In: FEHR, W.R.; HADLEY, H.H. **Hibridization of crop plants**. Madison: American Society of Agronomy and Crop Science Society of American, p. 511-522.

DE PAULA, F.S. (2011) **Revisão de Literatura do Melhoramento Genético do Arroz (Oryza sativa)**. [internet] Fitopatologia1 Blogspot. Disponível em: [www.fitopatologia1.blogspot.com.br/2011/04/revisãodeliteraturadomelhoramento.htm](http://www.fitopatologia1.blogspot.com.br/2011/04/revisãodeliteraturadomelhoramento.htm). Acesso em: 18 abr. 2012.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. (2005) Importância Econômica, Agrícola e Alimentar do Arroz. In: **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil**. Sistemas de produção, 3, nov. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap01.htm>. Acesso em: 24 abr. 2012.

EPAGRIa - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSAO RURAL DE SANTA CATARINA [internet]: **Histórico da produção de arroz irrigado**. Disponível em: [http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=84](http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=84). Acesso em: 24 abr. 2012.

EPAGRIb - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSAO RURAL DE SANTA CATARINA [internet]: **Tipos especiais de arroz**. Disponível em: [http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=936:tipos-especiais-de-arroz&catid=30:suinocultura&Itemid=47](http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=936:tipos-especiais-de-arroz&catid=30:suinocultura&Itemid=47)Acesso em: 13 mai. 2012.

EPAGRIc - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSAO RURAL DE SANTA CATARINA [internet]: **Pragas do arroz irrigado**. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/images/stories/culturas-criacoes/pragas/index.htm>. Acesso em: 16 mai. 2012.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSAO RURAL DE SANTA CATARINA. **Arroz irrigado: sistema pré-germinado**. Florianópolis, SC: EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de SC, 2002. 273p.

FARSUL – FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO RIO GRANDE DO SUL. (2012) **História do arroz**. [internet]. Disponível em: [www.farsul.org.br/resources/anexos/comissao/historiadoarroz.doc](http://www.farsul.org.br/resources/anexos/comissao/historiadoarroz.doc). Acesso em: 30 abr. 2012.

GALLI, J. Origem, distribuição e domesticação do arroz. **Lavoura Arrozeira**, v.31, n.306, p.63-68, 1978.

GOMES, A.S.; TERRES, A.L.; AZAMBUJA, I.H.V. (2002) O arroz irrigado no Rio Grande do Sul: solo, área, produção, produtividade e perfil do produtor. In: **Série Culturas: Arroz**. Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo.

HITTALMANI, S.; PARCO, A.; MEW, T.V.; ZEIGLER, R.S.; HUANG, N. (2000) Fine mapping and DNA marker-assisted pyramiding of the three major genes for blast resistance in rice. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.100, p.1121-1128.

INSTITUTO CEPA/EPAGRI: **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. v. 31. p. 82-97. Florianópolis, 2010.

ISHIY. T **Desenvolvimento de genótipos mutantes de arroz (Oryza sativa L.) através de irradiação gama**. 1991. 67f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP.

JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993. Disponível em: <http://www.fao.org/inpho/content/documents//vlibrary/t0567e/t0567e00.htm>. Acesso em: 30 jan. 2012.

KENNEDY, G. et al. (2002) Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, v.51, p.33-42.

MARSCHALEK,R.; PRANDO, H.F.; VIEIRA, J.; STUKER, H.; MUNIZ, J.N. (2007) Avaliação da tolerância de genótipos de arroz *Oryzophagus oryzae* sob condições de campo por dois anos em Santa Catarina. In: **Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 5**, Pelotas. Anais..., Pelotas, Embrapa, p.171-173.

MARSCHALEK, R.; VIEIRA, J.; ISHIY, T.; SCHIOCCHET, M.A.; BACHA, R.E. (2008) Melhoramento genético de arroz irrigado em Santa Catarina. **Agropec. Catarin.**, v.21, n.3, p.54-57.

MARSCHALEK,R.; HICKEL, E.R. (2009) Tolerância de linhagens e cultivares de arroz irrigado, em sistema pré-germinado a *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera:Curculionidae). In: **Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 6**, Porto Alegre. Anais..., Porto Alegre, Palotti, p.46-48.

MARSCHALEK,R.; HICKEL, E.R.; STUKER, H.; SANTOS, S.B. (2011) Tolerância de linhagens e cultivares de arroz irrigado, em sistema pré-germinado a *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera:Curculionidae) – Etapa 2009-2011. In: **Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7**, Balneário Camboriú. Anais..., Balneário Camboriú, p.256-259.

MALUSZYNSKI, M.; MICKE, A.; DONINI, B. (1986) Genes for semi-dwarf in rice induced by mutagenesis. In: **International Rice Genetic Symposium**, 1986, Manila. Proceedings... Manila: International Rice Research Institute, p. 729-737.

MONTÁLVAN, R. (1999) Mutação induzida. In: DESTRO, D.; MONTÁLVAN, R. **Melhoramento genético de plantas**. UEL: Londrina, PR, p. 39-56.

NOLDIN, J. A., YOKOYAMA, S., STUKER, H., RAMPELOTTI, F.T., GONÇALVES, M.I.F., EBERHARDT, D.S., ABREU, A., ANTUNES, P. e VIEIRA, J.. (2004) Desempenho de populações híbridas f2 de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amonio-glufosinate. **Planta Daninha**, v.22, n. 3, p. 381-395.

PARRA, R.M.A.; Geraldi, I.O. Melhoramento genético de arroz para resistência à sogata [*Tagosodes orizicolus* (Muir)] e ao vírus da folha branca (RHBV). (2009) **Seminários em Genética e Melhoramento de Plantas**. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento De Plantas – ESALQ, Piracicaba/ SP. Disponível em: <http://www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/RMAParra-200902-Resumo.pdf>. Acesso em 24 abr. 2012.

PEREIRA, J. A. (2004) **O arroz vermelho cultivado no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 90p.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R.; RIBEIRO, V. Q. (2007) Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz vermelho cultivado. *Caatinga*, v.20, p.43-48.

PEREIRA, J. A., MORAIS, O. P., BRESEGHELLO, F. (2008) Análise da heterose de cruzamentos entre variedades de arroz-vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.9, p.1135-1142.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; CUTRIM, V. A.; RIBEIRO, V. Q. (2009) Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. *Revista Caatinga*, v.22, n.1, p.243-248, Mossoró, Brasil.

PLANETA ARROZ. (2011) População global x produção de arroz. [internet]. Disponível em: [http://www.planetaarroz.com/site/artigos\\_detalhe.php?idArtigo=97](http://www.planetaarroz.com/site/artigos_detalhe.php?idArtigo=97). Acesso em: 24 abr. 2012.

PLANETA ARROZ. (2006a) Arroz preto, sim, senhor! *Planeta Arroz*, ano 6, Ed.18 (Maio/2006), p.31-33.

SANTOS, A. B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N. R. A.; (2006) A Cultura do arroz no Brasil. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2ª Ed, 1000p.

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*, v. 31, n.5, p. 349-347. 1996.

RUTGER, J.N. Impact of mutation breeding in rice – A review. *Mutat. Breed. Review.*, Viena, n. 8, p. 1-23.

SOARES, A. A. et al. Melhoramento genético de arroz em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**: Arroz: avanços tecnológicos, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p.19-23, 2004.

SCHMIDT, A. B. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. **Desenvolvimento de painéis multiplex de marcadores microssatélites e mapeamento de QTLs de tolerância à seca e ao frio em linhagens puras recombinantes de arroz (*Oryza sativa* L.)**. 1 v. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2009.

SOSBAI. (2010) Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 28. Porto Alegre: SOSBAI, 188p.

STORCK, C.R.; SILVA, L.P.; COMARELLA, C.G. (2005). Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz. *Alim. Nutr.*, Araraquara v.16, n.3, p. 259-264, jul./set.

VIEIRA, J. **Caracterização morfológica e molecular do banco de germoplasma de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) da Epagri.** Florianópolis, 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

VIEIRA, N. R. DE A., PINHEIRO, B. DA S., GUIMARÃES, E. P. (2002) Melhoramento genético para tipos especiais de arroz na América Latina: situação atual e perspectivas. Resumo Expandido. IN: Anais do 1º Congresso da Cadeis Produtiva do Arroz/VII Reunião Nacional de Pesquisa do Arroz-Renapa. Florianópolis/SC, p. 43-46.

WICKERT, E.; SCHIOCCHET, M.A.; NOLDIN, J.N.; VIEIRA, J. (2011) Avaliação de linhagens para tipos especiais de arroz. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7, Balneário Camboriú, Anais, p. 213-216.

YOKOYAMA, S.; ISHIY, T. (2002) Desenvolvimento de cultivares. In: EPAGRI (Ed.) Arroz irrigado – Sistema pré-germiando. Epagri: Florianópolis, p. 113-124.

ZHOU, Z. et al. (2002) Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.849-868.

#### 4.11. OUTRAS BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ANDRADE, A. **Mutação em arroz.** Itajaí, Epagri - Estação Experimental de Itajaí, 16 fev. 2012. Anotação de campo.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSAO RURAL DE SANTA CATARINA. **Arroz irrigado: sistema pré-germinado.** Florianópolis, SC: EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de SC, 2002. 273p.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSAO RURAL DE SANTA CATARINA [internet]: **Histórico da produção de arroz irrigado.** Disponível em: [http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=84](http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=84). Acesso em: 24 abr. 2012.

MARSCHALEK, R. (2011) **Melhoramento genético de arroz irrigado na Epagri: Ciência gerando tecnologia.** Palestra... I Semana Acadêmica do Curso de Agronomia. Florianópolis/SC.

MARSCHALEK, R.; VIEIRA, J.; ISHIY, T.; SCHIOCCHET, M.A.; BACHA, R.E. (2008) Melhoramento genético de arroz irrigado em Santa Catarina. **Agropec. Catarin.**, v.21, n.3, p.54-57.

SOSBAI. (2010) Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 28. Porto Alegre: SOSBAI, 188p.

VIEIRA, J.; MARSCHALEK, R.; SCHIOCCHET, M.A. (2007) **Cultivares de arroz irrigado da Epagri: Descrição e caracterização**. Florianópolis: Epagri, 76p. (Epagri. Boletim Técnico nº 138).

## 5. CAPÍTULO II

### AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE TOLERÂNCIA À TOXICIDADE POR FERRO DE LINHAGENS E CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO

#### 5.1. INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado ocupa uma grande área de cultivo no Brasil, com significativo destaque para a região sul, a qual responde por 73,5% da produção nacional deste cereal (INSTITUTO CEPA/SC, 2010).

Normalmente as áreas onde o arroz irrigado é cultivado são consideradas marginais para outras culturas anuais, as quais não possuem estruturas morfofisiológicas para se desenvolverem em condições de meio (GAVA, 1997), que tem como principal característica a drenagem natural deficiente (PINTO et al., 1999).

Em solos alagados o equilíbrio anterior é alterado, pois a água desloca o ar dos espaços porosos, criando regiões de anaerobiose devido à depleção do oxigênio e o aumento de  $\text{CO}_2$ , produzido pela respiração microbiana. O oxigênio livre presente no solo desaparece rapidamente em função da necessidade de energia de microrganismos aeróbios para os processos biológicos, envolvendo transferência de elétrons das substâncias utilizadas como fonte de energia para as reações químicas consideradas como produto da respiração (CAMARGO et al., 1999). Na ausência de oxigênio, os microrganismos anaeróbios facultativos e obrigatórios utilizam íons e.g.  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , produtos da dissimilação da matéria orgânica ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ) e até íons  $\text{H}^+$  como aceptores de elétrons em sua respiração (BARTLETT & JAMES, 1993).

No solo primeiramente são reduzidos íons como o  $\text{MnO}^{4+}$ , e então o  $\text{Fe}^{3+}$ . Quanto ao  $\text{NO}_3^-$ , este sofre processo de oxidação. No entanto como o nitrato desaparece rapidamente em solos alagados, e estes normalmente contêm muito mais Fe do que Mn, os componentes redox dominantes em solos reduzidos, geralmente são os óxidos e hidróxidos de Fe (PONNAMPERUMA, 1972). Sendo assim, em virtude do aumento da solubilidade do ferro na solução de solos inundados, verifica-se em algumas áreas, o aparecimento de sintomas de desordens nutricionais.

Tais distúrbios promovem a absorção e acúmulo de grandes níveis de ferro nos tecidos vegetais (toxidez direta ou real) (SILVEIRA et al., 2007; SAHRAWAT, 2000;

OLALEYE et al., 2001) ou quando este é oxidado junto à rizosfera precipitando sobre as raízes, e impedindo, dessa forma, a absorção de outros nutrientes essenciais como o K, P, Ca e Mg (toxidez indireta ou pseudo) (OTTOW et al., 1983; YAMAUCHI, 1989).

Os sintomas atribuídos à toxidez direta são bastante variados. E geral se manifestam através de numerosas manchas pequenas, de coloração castanho escuro, que iniciam nas pontas das folhas mais velhas e se estendem posteriormente para a base das folhas (MENGEL & KIRKBY, 1982). No que diz respeito aos sintomas atribuídos à toxidez indireta esta se manifesta com um início de amarelecimento nas pontas das folhas inferiores, que evolui para a base das folhas. Subseqüentemente, as folhas superiores também são afetadas e muitas folhas inferiores morrem completamente. Em casos severos, a coloração se torna amarelo escuro a laranja, com muitas estrias castanho escuro (HOWELLER, 1973).

Outros sintomas observados quando há ocorrência de toxidez indireta consistem em atrofia das plantas, redução do afilhamento e recobrimento das raízes por camadas avermelhadas de óxidos de ferro (SOUSA et al., 2004). Esta precipitação ocorre como consequência da oxidação da rizosfera pelo oxigênio transportado da parte aérea até às raízes, via aerênquima (GAVA & BOHNEN, 2002). A toxidez indireta é a forma predominante nas condições brasileiras e a mais importante (MAGALHÃES JR. et al., 2009).

A toxidez por ferro foi descrita pela primeira vez, há mais de 40 anos na Ásia. No Rio Grande do Sul, até o final da década de 70, raramente foi observado problemas com toxidez por ferro, entretanto com o advento das cultivares modernas, de porte baixo, com alto potencial produtivo, porém mais suscetíveis ao estresse, aumentou a frequência e a intensidade dos relatos de ocorrência deste distúrbio (GOMES et al., 1990). Outros Estados do Brasil como Minas Gerais, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Espírito Santo, Alagoas, Pará e São Paulo também foi constatado toxicidade por Fe, a qual causou perdas nas produções de arroz, em virtude de estar sempre associada à redução dos índices de produtividade, o que dá uma abrangência nacional ao problema (BARBOSA FILHO et al., 1983). Plantas de arroz, quando severamente prejudicadas pela toxicidade de Fe, ficam atrofiadas, perfilham pobremente e produzem panículas pequenas com alta proporção de espiguetas estéreis (YOSHIDA, 1981).

Uma vez absorvido pelas raízes, o ferro é carregado no xilema e translocado até a parte aérea através do fluxo transpiratório (CURIE & BRIAT, 2003). Essa absorção se

dá pela liberação na rizosfera de pequenas moléculas que possuem alta afinidade com ferro, conhecidas como fitossideróforos. Os complexos  $\text{Fe}^{3+}$  são então transportados pelas raízes das plantas por proteínas transportadoras específicas localizadas na epiderme da raiz, codificado pelo gene YS1 em milho (CURIE et al., 2001).

Quando liberado nos vasos do xilema, o ferro apresenta-se na forma oxidada, sendo transportado na forma de complexos com ácidos orgânicos, especialmente o citrato, que é o principal quelante de metais no xilema (CURIE & BRIAT, 2003). A absorção de ferro pelas células do mesófilo também requer uma etapa de redução, após a liberação do íon férrico pela molécula de citrato, sugerindo a existência de um transportador específico de  $\text{Fe}^{2+}$  localizado na plasmalema das células foliares. O doador de elétrons para a redução de ferro é o NADPH, e esse processo parece ser fortemente induzido pelo aumento da relação  $\text{NADPH}/\text{NADP}^+$  resultante da etapa fotoquímica fotossintética (BRUGGEMANN et al., 1993). Uma vez no mesófilo o ferro pode ser armazenado nos vacúolos ou imobilizado pela proteína ferritina (BRIAN et al., 1995; BRIAN et al., 2010), a qual ocorre principalmente nos plastídeos (ZANCANI et al., 2004).

No floema o ferro possui baixa mobilidade, fazendo-se necessário a ação do ácido nicotinâmico (NA) como transportador do íon ferroso para o interior das células e tecidos reprodutivos (TAKAHASHI et al., 2003). Peptídeos e proteínas também já foram descritos como transportadores de ferro.

A subsequente compartimentalização do ferro em organelas, como os vacúolos, plastídeos e mitocôndrias, pode então ser realizada por transportadores de metais divalentes, e sua alocação é direcionada para organelas responsáveis pelo seu uso imediato, quando em quantidade normal, ou pelo seu “aprisionamento”, quando em excesso, sendo os vacúolos os grandes responsáveis por esta tarefa (STEIN, 2009; CURIE & BRIAT, 2003).

No que diz respeito às alterações ocorrentes dentro da célula, o ferro quando em excesso, é capaz de gerar radicais livres, como o radical hidroxila, através da reação de Fenton (BECANA et al., 1998). Este radical é extremamente tóxico ao metabolismo celular, sendo responsável pela oxidação de macromoléculas biológicas como proteínas, ácidos nucleicos e lipídios de membrana (HALLIWELL & GUTTERIDGE, 1984). A regeneração do átomo de íon ferroso pode ocorrer através da reação de Haber-Weiss com a redução do íon férrico a partir do ânion superóxido, tornando a produção de radicais hidroxilas um processo cíclico (FLOYD, 1983). Em folhas destacadas de arroz

submetidas a níveis tóxicos de ferro, altos níveis de peroxidação lipídica foram detectados, indicando oxidação de lipídios causada por radicais livres, gerados pelo acúmulo celular de ferro (FANG et al., 2001), bem como aumento na atividade de peroxidases, envolvidas na detoxificação de peróxido de hidrogênio (FANG & KAO, 2000).

Dentre os possíveis mecanismos utilizados para a tolerância de altos níveis de ferro pode-se citar além do “aprisionamento” nos vacúolos, a indução de sistemas antioxidantes (enzimáticos ou não) nas folhas de plantas de arroz (WU et al., 1998; YAMAUCHI & PENG, 1995). Diversas enzimas e compostos antioxidantes participam do metabolismo de espécies reativas de oxigênio em plantas. Dentre as enzimas conhecidas, a desmutação de radicais superóxidos ( $O_2^-$ ) é realizada pela enzima superóxido dismutase (SOD) (RABINOWITCH & FRIDOVICH, 1983), enquanto que a decomposição do peróxido de hidrogênio é mediada pelas enzimas da família ascorbato peroxidase (APX) (ASADA, 1992), bem como pela enzima catalase (CAT) (WILLEKENS et al., 1997). A decomposição de peróxidos de lipídeos seria realizada por outras enzimas, como glutathione peroxidase (BEEOR-TZAHAR et al., 1995), bem como a peroxiredoxina (BAIER & DIETZ, 1997), atuando como proteínas detoxificadoras de produtos secundários do estresse oxidativo (MANO, 2002).

Apesar de todos esses aparatos desenvolvidos pela planta a fim de tolerar uma situação de toxicidade por ferro, é necessário que o agricultor, atuando como gestor do agroecossistema em que se insere a lavoura de arroz e utilize determinadas práticas agronômicas, como escolha do local da lavoura, manejo hídrico adequado e uma fertilização equilibrada a fim de evitar ou minimizar a ocorrência de toxicidade por ferro. Adicionalmente, o uso de cultivares tolerantes desenvolvidas através de programas de melhoramento genético mostra-se como a forma mais eficiente para diminuir a toxidez por Fe, uma vez que existe variabilidade genética para este caráter que pode ser utilizada (MAGALHÃES JR. et al, 2005; BACHA et al, 2005). A seleção de linhagens com esta característica tem sido realizada sob condições de campo ou de casa de vegetação, em solos com histórico de ocorrência de toxidez (BACHA et al., 2011). Há no mercado já algumas cultivares comerciais com característica de razoável nível de tolerância à toxidez por Fe, podendo-se citar IRGA 419, IRGA 420, BRS Querência, BRS Fronteira, no RS; e SCS-BRS 111, SCS 114 “Andosan” e SCS 115 CL (BACHA et al., 2011).

Neste sentido o objetivo deste trabalho foi avaliar o nível de tolerância de linhagens promissoras e cultivares comerciais de arroz irrigado quando expostas à estresse provocado por excesso de ferro no solo.

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2011/12, na Estação Experimental da Epagri em Itajaí, SC. O solo utilizado foi caracterizado como Cambissolo Háplico Distrófico com as seguintes características químicas: pH- H<sub>2</sub>O: 5,3; M.O: 1,2%; P: 3,1 mg L<sup>-1</sup>; K: 74,5 mg/dm<sup>3</sup>; Ca: 2,2 cmolc kg<sup>-1</sup>; Mg: 1,4 cmolc kg<sup>-1</sup>; CTC pH 7,0: 8.64; V:43,45%.

O experimento foi composto por 607 materiais oriundos dos programas de melhoramento genético de arroz irrigado da Epagri e da Embrapa, tendo suas características descritas na Tabela 2.

A semeadura foi realizada no dia 05/12/2011 em solo seco. Para cada genótipo foram semeadas parcelas de duas linhas com 100 cm de comprimento, espaçadas 30 cm entre si. Perpendicularmente à estas linhas, duas cultivares testemunhas foram utilizadas, uma resistente (Epagri 107) e uma suscetível (BRIrGA 409), para fins de comparação com os materiais a serem avaliados (Figura 20).



Figura 20. Visão geral do experimento, evidenciando as parcelas de cada genótipo de arroz testado, bem como as duas linhas das cultivares testemunhas dispostas perpendicularmente. Itajaí, 2012.

Após a emergência das plântulas, realizou-se a inundação do quadro no dia 20 de dezembro de 2011, a qual foi mantida permanente com o objetivo de assegurar condições de redução do solo.

Todos os materiais receberam uma adubação nitrogenada ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ) de acordo com a análise de solo da área 30 dias após a semeadura. Tal adubação se fez necessária a fim de evitar a deficiência deste nutriente às plantas, a qual poderia interferir na visualização dos sintomas de toxidez por ferro. Aplicações de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  também foram efetuadas nas quantidades de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

A avaliação de toxicidade indireta por ferro foi realizada em duas épocas, aos 42 e 66 dias após o início da irrigação permanente, obtendo-se uma média posteriormente. A escala de avaliação foi baseada nos sintomas de descoloração (amarelecimento ou alaranjamento das folhas) e variou de 0 a 9, sendo de 0 a 3, tolerante; 4 a 5, médio tolerante; 6 a 7, médio suscetível; e 8 a 9, suscetível. O delineamento utilizado foi completamente casualizado contando com uma repetição de cada genótipo.

Tabela 2. Características dos genótipos de arroz irrigado avaliados quanto ao nível de tolerância de toxicidade por ferro.

<b>Genótipos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Características</b>
F4	<b>71</b>	FP* pertencentes à geração F4.
F5	<b>87</b>	FP* pertencentes à geração F4
F4 TE	<b>71</b>	FP* de tipos especiais pertencentes à geração F4.
F5 TE	<b>58</b>	FP* de tipos especiais pertencentes à geração F5.
Avançado (F6) e Cultivares	<b>29</b>	LP** pertencentes à geração F6 e cultivares comerciais.
Regional	<b>19</b>	LP** em fase de avaliação em ensaios regionais.
Sel. Recorrente	<b>17</b>	Materiais oriundos de seleção recorrente.
Crioulos TE	<b>10</b>	Materiais crioulos de tipos especiais.
Resist Embrapa	<b>16</b>	Material selecionado resistente à Bixeira-da-raiz.
BOL	<b>30</b>	Materiais com características de grão de interesse ao mercado da Bolívia.
ERF - Embrapa	<b>199</b>	Materiais oriundos do Ensaio de Rendimento de Famílias.

\* FP = Famílias Promissoras

\*\* LP = Linhagens Promissoras

### 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, 556 (91,6%) genótipos foram classificados como tolerantes ou médio tolerantes à toxidez por ferro, o que indica uma ampla gama de materiais passíveis de serem utilizados pelos agricultores na tentativa de contornar tal problema (Tabela 3). As famílias promissoras F5 TE Oryza 31(Dellmati)-2 e Crioulo preto apresentaram a melhor reação ao estresse, obtendo nota 1. Dos 51 genótipos restantes, 47 (7,7%) ficaram enquadrados como médios suscetíveis e somente 4 (0,7%) como suscetíveis (nota 8), sendo eles, CNAx15020-B-6-B-B e CNAx16031-B-25-B-SC1; e CNAx e CNAx1, oriundos das famílias promissoras F5 e ERF-Embrapa, respectivamente.

A partir destes resultados é possível sugerir que os genótipos que obtiveram as melhores respostas sejam utilizados em cruzamentos com cultivares comerciais, linhagens ou até mesmo possam ser selecionados como potenciais novas cultivares resistentes a esse estresse.

Tendo em vista a importância que a atividade orizícola possui no Estado de Santa Catarina e os prejuízos decorrentes da toxidez por ferro a obtenção de cultivares tolerantes mostram-se como uma das alternativas mais viáveis aos agricultores. Neste sentido os programas de melhoramento genético vem trabalhando fortemente, notadamente o programa desenvolvido pelo Projeto Arroz Irrigado da Estação Experimental de Itajaí (EEI) da Epagri, o qual é referência no Brasil, na seleção de materiais não somente com caracteres de interesse agrônômico, como qualidade de grão e produtividade, mas também resistentes a estresses bióticos e abióticos.

A toxidez observada no experimento foi a indireta, a qual se caracteriza pela inibição de absorção de nutrientes essenciais como P, K, Ca e Mg em virtude da formação de uma camada de óxido férrico que precipita sobre as raízes bloqueando os sítios de absorção destes nutrientes (Figura 21).

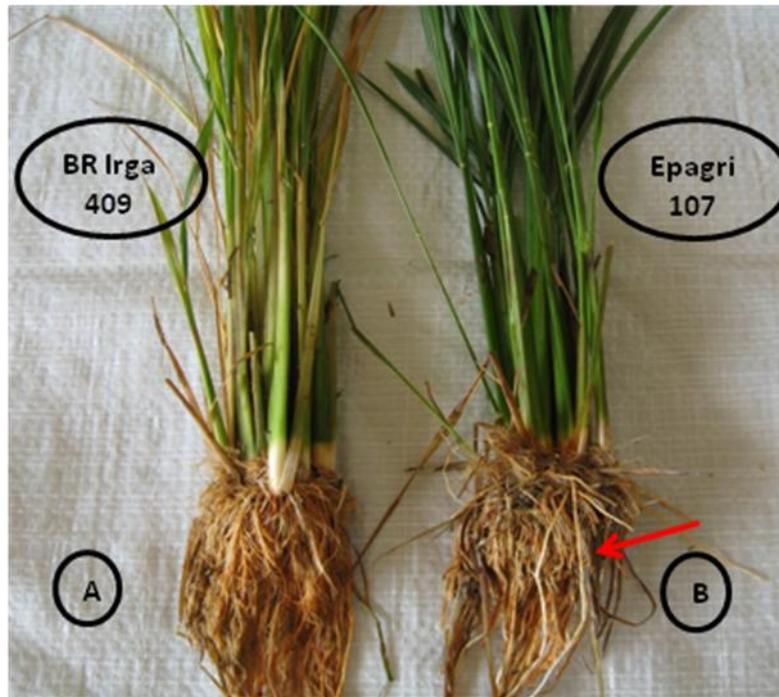


Figura 21. Presença de toxidez indireta por ferro em planta da cultivar utilizada como testemunha suscetível BR Irga 409 (A) evidenciando precipitação de ferro nas raízes; (B) testemunha tolerante Epagri 107, mostrando raízes brancas sem a presença de capa férrica. Itajaí, 2012.

Nem todo o  $\text{Fe}^{2+}$  solúvel é absorvido pela planta, parte pode ser precipitada como  $\text{Fe}^{3+}$  sobre a superfície radicular. A precipitação ocorre como consequência da oxidação da rizosfera pelo oxigênio transportado da parte aérea até às raízes, via aerênquima (GAVA & BOHNEN, 2002). Apesar de se caracterizar como um tipo de toxidez, esta precipitação também pode ser considerada como um mecanismo de exclusão de Fe pelas plantas. Este mecanismo foi descrito por Yoshida (1981) como a fração do  $\text{Fe}^{2+}$  que atinge as raízes via fluxo de massa e, por permanecer oxidada na rizosfera, não é absorvida. Tal propriedade tem sido frequentemente usada para explicar a ocorrência ou não da toxidez de Fe em plantas de arroz, sendo aceito nesta linha que, quanto menor for o poder de exclusão do  $\text{Fe}^{2+}$ , maior será o risco da toxidez do elemento. É claro que em condições de solo com alto teor de ferro, esta situação já não poderá ser encarada como um mecanismo utilizado pelas plantas para exclusão de Fe, e sim como um agravante favorável à ocorrência de distúrbios nutricionais. Logo, sugere-se que os genótipos avaliados, os quais foram classificados como tolerantes ou médio tolerantes podem estar utilizando-se de tal mecanismo possuindo capacidade oxidativa de suas raízes diferenciada. Em trabalhos realizados nesta linha de pesquisa, Armstrong

(1969) *apud* GAVA & BOHNEN (2002) observou diferenças entre cultivares de arroz em relação à capacidade de transportarem oxigênio até às raízes. Igualmente Chen et al. (1980) observaram que a quantidade de óxidos que precipitaram na rizosfera foi proporcional à capacidade de oxidação das raízes.

Outra hipótese relacionada ao bom desempenho dos genótipos pode estar relacionada a capacidade destes em emitir novas raízes, as quais conseguirão absorver os nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento, possibilitando sua permanência no campo apesar da condição de estresse existente.

Tabela 3. Nível de tolerância à toxidez por ferro de linhagens promissoras e cultivares comerciais de arroz irrigado.

Genótipos	Escala de Avaliação				Total de genótipos avaliados
	Tolerante (1-3)	Médio tolerante (4-5)	Médio suscetível (6-7)	Suscetível (8-9)	
<b>F4</b>	54	16	1	0	<b>71</b>
<b>F5</b>	45	40	0	2	<b>87</b>
<b>F4 TE</b>	49	22	0	0	<b>71</b>
<b>F5 TE</b>	28	27	3	0	<b>58</b>
<b>Avançado (F6) e Cultivares</b>	18	10	1	0	<b>29</b>
<b>Regional</b>	4	9	6	0	<b>19</b>
<b>Sel. Recorrente</b>	10	7	0	0	<b>17</b>
<b>Crioulos TE</b>	2	7	1	0	<b>10</b>
<b>Resist</b>	8	7	1	0	<b>16</b>
<b>Embrapa</b>					
<b>BOL</b>	10	20	0	0	<b>30</b>
<b>ERF –</b>	38	125	34	2	<b>199</b>
<b>Embrapa</b>					
<b>TOTAL</b>	<b>266</b>	<b>290</b>	<b>47</b>	<b>4</b>	<b>607</b>

Na tentativa de realmente confirmar tal hipótese um novo experimento deve ser realizado, onde possam ser realizadas avaliações mais específicas e detalhadas neste sentido, além da obtenção da produção de matéria seca de cada genótipo avaliado, o qual não foi possível obter neste experimento, devido a incompatibilidade entre o ciclo dos genótipos e o curto tempo de estágio.

#### **5.4. CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos neste experimento indicam haver variabilidade genética entre os genótipos avaliados para condições adversas, notadamente a toxicidade por ferro.

As famílias promissoras F5 TE Oryza 31(Dellmati)-2 e Crioulo preto apresentaram-se como os melhores materiais, mostrando-se como ótimas fontes de tolerância, podendo ser utilizados em cruzamentos visando a mitigação dos efeitos desse estresse sobre a lavoura de arroz.

## 5.5. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ARMSTRONG, W. Rhizosphere oxidation in rice: An analysis of intervarietal differences in oxygen flux from the roots. **Physiol. Plant.**, 22:296-303, 1969.

ASADA, K. (1992). Ascorbate peroxidase – a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. **Physiologia Plantarum**, 85, 235-241.

AUDEBERT, A.; SAHRAWAT, K.L. (2000). Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. **Journal of Plant Nutrition**, 23, 1877-1885.

BACHA R. E.; SCHIOCCHET, M. A.; KNOBLAUCH, R.; ISHY, T. Avaliação de linhagens e cultivares de arroz irrigado para condições adversas de solo: Toxidez por Ferro. In: **IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Santa Maria, RS, 2005.

BACHA, R.; KNOBLAUCH, R.; SCHIOCCHET, M. A.; ANDRADE, A.; MARSCHALEK, R. (2011) **Avaliação de linhagens e cultivares de arroz irrigado sob condições adversas de solo: Toxidez por ferro**. Projeto de Pesquisa, Estação Experimental de Itajaí da Epagri (EEI).

BAIER, M.; DIETZ, K.L. (1996). The plant 2-Cys peroxiredoxin BAS1 is a nuclear-encoded chloroplast protein: its expressional regulation, phylogenic origin, and implication for its specific physiological function in plants. **Plant Journal**, 12, 179-190.

BARTLETT, R.J., JAMES, B.R. (1993). Redox chemistry of soil. **Advances in Agronomy**, New York, v. 50, p. 151-208.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo d'água e calagem em relação à produtividade e toxicidade de ferro em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.8, p.903--910, 1983.

BEEOR-TZAHAR, T.; HAYYIM, G.; HOLLAND, D.; FALTIN, Z.; ESHDAT, Y. (1995). A stress associated citrus protein is a distinct plant hydroperoxide glutathione peroxidase. **FEBS Letters**, 366, 151-155.

BRIAT, J.F.; FOBIS-LOISY, I.; GRIGNON, N.; LOBREAUX, S.; PASCOLL, N.; SAVINO, G.; THOISON, S.; von WIREN, N.; WUYTSWINKEL, O. (1995). Cellular and molecular aspects of iron metabolism in plants. **Biol. Cell**, 84, 69-81.

BRIAT, J.F.; DUC, C.; RAVET, K.; GAYMARD, F. (2010). Ferritin and iron storage in plants. **Biochemica et Biophysica Acta**, 1800, 806-814.

BRUGGEMENN, W.; MAASS-KANTEL, K.; MOOG, P.R. (1993). Iron uptake by leaf mesophyll cells the role of the plasma membrane bound ferric-chelate reductase. **Planta**, 190: 151-155.

CHEN, C.C.; DIXON, J.B. & TURNER, F.T. Iron coatings on rice roots: Mineralogy and quantity influencing factors. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, 44:635-639, 1980.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ZONTA, E. (1999). Alterações eletroquímicas em solos inundados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 171-180.

CURIE, C.; BRIAT, J.F. (2003). Iron transport and signaling in plants. **Annual Review of Plant Biology**, 54, 183-206.

CURIE, C.; PANAVIENE, Z.; LOULERGUE, C.; DELLAPORTA, S.L.; BRIAT, J.F.; WALKER, E.L. (2001). Maize yellow stripel endodes a membrane protein directly involved in Fe (III) uptake. **Nature**, 409: 346-349.

FANG, W.C.; WANG, J.W.; LIN, C.C.; KAO, C.H. (2001). Iron induction of lipid peroxidation and effects on antioxidative enzymes activities in rice leaves. **Plant Growth Regulation**, 35: 75-80.

FANG, W.C.; KAO, C.H. (2000). Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc. **Plant Science**, 158: 71-76.

FLOYD, R.A. (1983). Direct demonstration that ferrous iron complexes of di- and triphosphate nucleotide catalyze hydroxyl free radical formation from hydrogen peroxide. **Archives in Biochemistry and Biophysics**, 225, 263-270.

GAVA, G.; BOHNEN, H. (2002). Oxidação de ferro em raízes de dois cultivares de arroz em solução de solo inundado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:325-332.

GAVA, G. (1997). **Oxidação do Ferro em raízes de duas cultivares de arroz em solução de solo inundado**. 74f. Dissertação (mestrado) – Programa Pós Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GOMES, A. da S.; SOUSA, R. O.; DIAS, A. D.; MACHADO, M. O.; PAULETTO, E. A. A problemática da toxicidade do Fe em arroz irrigado no RS. In: **Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz**, 4., Anais... Goiânia, CNPAF/EMBRAPA, 1990. p.116

HALLIWELL, B.; GRUTTERIDGE, J.M.C. (1984). Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. **Biochemical Journal**, 219, 1-14.

HOWELLER, R.H. (1973). Iron-induced orange disease of Rice in relation to physico-chemical changes in a flooded oxisol. **Soil Science Society of America Proceeding**, Madison, V.37, p. 898-903.

INSTITUTO CEPA/EPAGRI: **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. v. 31. p. 82-97. Florianópolis, 2010.

MAGALHÃES JR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R; FRANCO, D. F.; SEVERO, A.; FONSECA, G. de M. da. Comportamento de linhagens de arroz irrigado da Embrapa à toxidez de ferro. In: **Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, 6.: 2009, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Palotti, 2009. p.56-59.

MAGALHÃES JR, A.M.; FAGUNDES, P.R.R.; GOMES, A.S.; PETRINI, J.A.; FRANCO, D.F.; SEVERO, A.; SOARES, R.C.; BENDER, R. Seleção de linhagens de arroz irrigado do programa de melhoramento da Embrapa à toxicidade por ferro. In: **IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Santa Maria, RS, 2005.

MANO, J. (2002). Early events in environmental stresses in plants-induction mechanisms of oxidative stress. In: **Oxidative Stress in Plants**. Taylor & Francis, New York, NY.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. (1982). Principles of plant nutrition. 3 ed. Suíça, **Internations Potash Institute**, 655p.

OLALEYE, A.O.; TABI, F.O.; OGUNKULE, A.O.; SINGH, B.N.; SAHRAWAT, K.L. (2001). Effect of toxic iron concentration on the growth of lowland rice. **Journal of Plant Nutrition**, 24, 441-457.

OTTOW, J.C.G.; BENCKISER, G.H.; WATANABE, I.J.; SANTIAGO, S. (1982). A multiple nutritional soil stress as the prerequisite for iron toxicity of wetland rice (*Oryza sativa* L.). **Tropical Agriculture**, 60, 102-106.

PINTO, L.F.S. et al. (1999). Caracterização de solos de várzea. In: GOMES, A.S.; PAULETTO, E.A. (Eds). **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, cap. 1, p. 11-36.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 24, p. 29-96, 1972.

RABINOWITCH, H.; FRIDOVICH, I. (1983). Superoxide radicals, superoxide dismutases and oxygen toxicity in plants. **Photochemistry and Photobiology**, 37, 679-690.

SAHRAWAT, K.L. (2000). Elemental composition of the rice plant as affected by iron toxicity under field conditions. **Communications in Soils Science and Plant Analysis**, 31, 2819-2827.

SILVEIRA, V.C.; OLIVEIRA, A.P.; SPEROTTO, R.A.; ESPINDOLA, L.S.; AMARAL, L.; DIAS, J.F.; CUNHA, J.B.; FETT, J.P. (2007). Influence of iron on mineral status of two Rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 12, 127-139.

SOUSA, R. O. de; GOMES, A. da S.; VAHL, L. C. Toxicidade por ferro em arroz irrigado. In: Gomes e Magalhães Jr (eds.). **Arroz Irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 305-334.

STEIN, R.J. (2009). **Excesso de ferro em arroz (*Oryza sativa* L.): efeitos tóxicos e mecanismos de tolerância de distintos genótipos**. 197f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós Graduação em Biologia Celular e Molecular, Centro de Biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TAKAHASHI, M.; TERADA, Y.; NAKAI, I.; NAKANISHI, H.; YOSHIMURA, E.; MORI, S.; NISHIZAWA, N.K. (2003). Role of nicotianamine in the intracellular delivery of metal and plant reproductive development. **The Plant Cell**, 15, 1263-1280.

YAMAUCHI, M.; PENG, X.X. (1995). Iron toxicity and stress-induced ethylene production in Rice leaves. **Plant and Soil**, 173, 21-28.

YOSHIDA, S. (1981). Fundamentals of rice crop science. **Los Baños: IRRI**, 269p.

WILLEKENS, H.; CHAMMONGPOL, S.; DAVEY, M.; SCHRAUDNER, M.; C  
LANGEBARTELS, C.; van MONTAGRE, M.; INZÉ, D.; van CAMP, W. (1997).  
Catalase is a sink for stress defense in plants C3. **EMBO Journal**, 16, 4806-4816.

WINSLOW, M.D.; YAMAUCHI, M.; ALLURI, K.; MASAJO, T.M. (1989). Reducing iron toxicity in rice with resistant genotype and ridge planting. **Agronomy Journal**, 81, 458-460.

WU, P.; HU, B.; LIAO, C.Y.; ZHU, J.M.; WU, Y.R.; SENADIRA, D.; PATERSON, A.H. (1998). Characterization, of tissue tolerance to iron by molecular markers in different lines of Rice. **Plant and Soil**, 203, 217-226.

ZANCANI, M.; PERESSON, C.; BIROCCIO, A.; FEDERICI, G.; URBANI, A.; MURGIA, I.; SOAVE, C.; MICALI, F.; VIANELLO, A.; MACRI, F. (2004). Evidence for the presence of ferritin in plant mitochondria. **European Journal of Biochemistry** 271: 3657-3664.

## 6. CAPÍTULO III

### AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DE BRUSONE DA PANÍCULA EM ARROZ IRRIGADO

#### 6.1. INTRODUÇÃO

No que diz respeito às doenças ocorrentes no arroz, a brusone causada pelo fungo *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. [= *Magnaporthe grisea* (Herbert) Barr fase telemorfa], é a principal enfermidade desta cultura (BERNI & PRABHU, 2003) tanto no Brasil como também no Estado de Santa Catarina.

Inicialmente, este fungo foi denominado como *Trichochecium griseum* Cooke (1879), e em 1880, como espécie pertencente ao gênero *Pyricularia*, descrito por Saccardo. A fase telemorfa descoberta em 1971 é raramente encontrada na natureza (HERBERT, 1971). Já a fase anaforma encontra-se amplamente dispersa por todas as regiões orizícolas do mundo, produzindo conídios caracteristicamente fusiformes, hialinos, normalmente com dois septos. O conídio geralmente germina a partir da célula apical ou basal, sendo a germinação da célula central pouco freqüente (OU, 1972).

Apesar da sua descrição ter acontecido somente no século XIX, os primeiros registros sobre a ocorrência desta moléstia datam do ano 1637 na China (OU, 1972a). Desde então, ela tem sido relatada em quase todas as regiões do mundo que cultivam este cereal, sendo considerada a doença mais importante da cultura (RIBEIRO & TERRES, 1987). O termo brusone foi adaptado do italiano “bruzone”, o qual foi adotado na tradução para a língua portuguesa. Já em inglês é denominada de “blast”, em razão da queima das folhas que provoca quando ocorre de modo severo (BEDENDO, 1997).

Os danos causados pela brusone podem comprometer até 100% da produção da lavoura, em anos em que as condições ambientais se mostram favoráveis ao patógeno (SOSBAI, 2010). Na literatura é mostrado que aumentando-se em 1% a severidade da brusone, ocorre a redução média de 2,7% e 1,5% nas cultivares de ciclo precoce e médio, respectivamente (PRABHU *et al.*, 1989). Toda essa agressividade deve-se ao fato da brusone poder ocorrer desde a fase vegetativa, causando lesões nas folhas, diminuindo a área fotossintética, o que contribui para a redução da estatura da planta,

bem como no número de perfilhos. Já na fase reprodutiva, a doença interrompe o fluxo de seiva para os grãos, provocando redução em seu peso e até mesmo a esterilidade completa da panícula (PRABHU et al., 2003).

Dentre os sintomas típicos da brusone estão as manchas foliares, de tamanho pequeno e cor azul-esverdeadas ou castanho avermelhadas, rodeadas por um halo amarelado. A medida que a doença vai se desenvolvendo essas manchas evoluem para manchas alongadas, com bordos irregulares e de coloração marrom, com centro acinzentado (CARDOSO & KIMATI, 1980, RIBEIRO, 1988 e BEDENDO, 1997). Nos colmos, principalmente na região dos entre-nós, os sintomas aparecem na forma de manchas elípticas escuras, com centro cinza e bordos marrom avermelhados (RIBEIRO, 1988). Na região dos nós, a área infectada torna-se escura, impedindo a circulação da seiva e provocando o acamamento da planta, ou ainda, a quebra do colmo no ponto de infecção do nó (PRABHU & FILIPPI, 1998). Panículas, ramificações primárias, secundárias, pedicelos e glumas também podem sofrer infecção, e esta se ocorrer antes da fase leitosa, culminará no secamento total da panícula, apresentando coloração parda, diferente da coloração esbranquiçada que caracteriza o ataque da broca-do-colmo. Quando as condições de umidade forem elevadas, existe a esporulação realizada pelo fungo nas espiguetas, causando o chochamento completo na fase leitosa (RIBEIRO, 1988 e PRABHU *et al.*, 1999).

No que tange as condições predisponentes à ocorrência da brusone, uma série de fatores atuam conjuntamente independente da fase de desenvolvimento das plantas e da suscetibilidade da cultivar. Dentre as condições que favorecem o aparecimento da doença pode-se citar o uso excessivo de nitrogênio ou plantio em solos com alto teor de matéria orgânica. A ocorrência freqüente de orvalho, neblina e chuvas fracas, onde a umidade relativa do ar fica acima de 90% associado a períodos com temperaturas entre 20-30°C são ideais para o desenvolvimento da doença. Além disso, o uso continuado de uma mesma cultivar pode promover o aumento gradativo da incidência e severidade de tal moléstia (EPAGRI, 2012d).

Em Santa Catarina, estado com grande destaque nacional no cultivo de arroz irrigado esse quadro é bem evidente, uma vez que os agricultores utilizam um reduzido número de cultivares em suas lavouras. Logo, essa prática mostra-se como um agravante para a ocorrência da doença, uma vez que o uso extensivo de cultivares com características genéticas muito próximas ou uma redução das mesmas, pode tornar o ambiente uniforme e contribuir para uma curta durabilidade da resistência observada no

campo (ZHU et al., 2000). O estreitamento da base genética leva à uniformidade e, como consequência, ao aumento da vulnerabilidade genética, principalmente a estresses bióticos, de cultivares recomendadas para cultivo (RANGEL et al., 1996). Aliado a isso, outro fator de grande relevância, o qual deve ser devidamente considerado, diz respeito à instabilidade de virulência do fungo causador da brusone. Este patógeno é composto de raças fisiológicas, com características de virulência distintas. Dessa forma, devido à alta variabilidade da população do fungo associado a plantios de uma única cultivar em extensas áreas e condições ambientais favoráveis à doença, cultivares com resistência vertical deixam de ser efetivas com apenas dois a três anos de cultivo, pois novas raças do patógeno surgem capazes de quebrar essa resistência (SANTOS et al., 2005).

Este fato ocorre porque a disseminação do uso de cultivares resistentes plantados em monocultivos em grandes áreas faz com que a pressão de seleção sobre as populações de fitopatógenos aumente substancialmente (BORÉM & MIRANDA, 2009). Após alguns anos de cultivo de uma cultivar resistente, a elevação da pressão de seleção sobre os patógenos da região podem resultar na quebra da resistência, por causa do surgimento de uma nova raça fisiológica virulenta (BORÉM & MIRANDA, 2009). Dessa forma, um novo ciclo de cultivares resistentes poderá ser neutralizado pelo subsequente surgimento de outra raça virulenta. As mutações também podem contribuir para o aparecimento de novas raças. O número de esporos de um patógeno em uma cultura é extremamente grande, aumentando as chances de ocorrência desse fenômeno (BORÉM & MIRANDA, 2009).

No que diz respeito às raças fisiológicas deste fungo, diversas séries diferenciadoras têm sido empregadas nos estudos de caracterização das raças (ATKINS, 1967 *apud* CHAGAS, 2010), sendo a série diferenciadora internacional a primeira e mais utilizada atualmente. A caracterização das raças fisiológicas de *P. grisea* que ocorrem em determinada região é essencial para entender a dinâmica de virulência do fungo e de grande importância para orientação dos trabalhos de melhoramento, possibilitando estratégias adequadas de aumentar a durabilidade da resistência à brusone (MALAVOLTA et al., 2008).

Um terceiro fator que também contribui como um agravante na ocorrência da brusone está relacionado a sua ampla gama de hospedeiros. O fungo pode ser encontrado em espécies de interesse econômico, como por exemplo, *Avena sativa* L. (aveia), *Hordeum vulgare* L. (cevada), *Lolium multiflorum* L. (azevém), *Saccharum officinarum* L. (cana-de-açúcar), *Secale cereale* L. (centeio), *Sorghum vulgare* Pers.

(sorgo), *Triticum aestivum* L. (trigo) e *Zea mays* (milho), como também em espécies invasoras da lavoura de arroz, como, *Cyperus rothundus* L., *Echinochloa colona* L., entre outras (EMBRAPA, 2004).

Com relação aos mecanismos envolvidos na variabilidade do patógeno pode-se citar a recombinação sexual e parassexual, sendo este último visto como um alternativa ao ciclo sexual, visto que o mesmo raramente ocorre. Neste caso, hifas diplóides sofrem anastomose, resultando em células heterocarióticas que, por sua vez, podem sofrer cariogamia, originando uma célula diplóide. Durante este processo, pode ocorrer o pareamento dos cromossomos homólogos e subsequente recombinação mitótica (ZEIGLER, 1998). Outros mecanismos como mutação, em muitos casos provocada pela deleção de genes *Avr* (genes de avirulência) e inserções de elementos de transposição (transposons e retrotransposons) também auxiliam no aumento da variabilidade (SCHEUERMANN, 2002).

Frente a este quadro, o melhor método de controle, apesar da elevada instabilidade genética do patógeno, seria a obtenção de cultivares resistentes. No entanto, isso demanda não somente tempo como investimento em pesquisa, sendo possível recorrer a determinadas práticas de manejo que possam controlar ou pelo menos minimizar tal problema. Entre as principais recomendações destacam-se a semeadura tardia que provoca modificações no ciclo das cultivares, tornando-as menos predispostas à doença, além de permitir a coincidência dos períodos de emborrachamento e floração com a ocorrência de temperatura e umidade desfavoráveis à doença; o controle de ervas daninhas, impedindo que estas atuem como hospedeiros intermediários do fungo ou mesmo torne o microclima da lavoura favorável ao patógeno; a adubação equilibrada, para evitar o crescimento vegetativo exagerado que favorece a doença (FOMBA & TAYLOR, 1994; EMBRAPA, 1999).

Outra alternativa muito utilizada é o controle químico, o qual pode ser feito via tratamento de sementes, recomendado para o controle de brusone nas folhas e, via pulverização foliar para o controle da brusone tanto nas folhas quanto nas panículas (LOBO, 2004). A aplicação de fungicidas durante os estádios de emborrachamento e floração é um método complementar, principalmente em áreas com condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença (EMBRAPA, 1999).

Em Santa Catarina, com a disponibilização de cultivares de arroz de alto rendimento (VIEIRA et al., 2007) e a melhoria no nível tecnológico dos produtores, está havendo um aumento na utilização de fungicidas, que em muitos casos são aplicados de

forma inadequada e desnecessária. No Brasil, atualmente 33 fungicidas estão registrados para o controle da brusone na cultura do arroz (AGROFIT, 2012). Apesar disso, observa-se que um número restrito de produtos é utilizado, sendo na maioria fungicidas com sítio específico de ação como triazóis e estrobilurinas. Fungicidas com estas características, se utilizados de forma continuada para o controle de um patógeno com elevada variabilidade genética, como é o caso de *P. oryzae*, pode resultar na seleção de isolados resistentes a estes produtos (ADAME & KOLLER, 2003).

Neste sentido considerando a necessidade de controle da brusone, notadamente àquela de ocorrência na panícula por causar danos mais severos e com isso comprometer a produção da lavoura, bem como a necessidade de otimização e diversificação do uso de produtos químicos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de fungicidas no controle desta doença.

## 6.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2011/12, na Epagri-Estação Experimental de Itajaí (EEI), SC. O delineamento experimental utilizado foi blocos completos casualizados, com 10 tratamentos e quatro repetições, em parcelas de 2 x 5 m (10m<sup>2</sup>). O preparo do solo e a condução da cultura obedeceram às recomendações do sistema de produção para o cultivo do arroz irrigado no sistema pré-germinado em Santa Catarina (EPAGRI, 2005). A semeadura foi realizada a lanço, na densidade de 120 kg ha<sup>-1</sup>, no dia 16 de outubro de 2011, sendo empregada a cultivar SCS 116 Satoru.

Todas as parcelas receberam adubação de NPK aos 27 dias após a semeadura, nas quantidades de 20 kg ha<sup>-1</sup>, 45 kg ha<sup>-1</sup> e 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Posteriormente, aos 52 e 78 dias após a semeadura realizaram-se outras duas aplicações de adubação nitrogenada na quantidade de 30 kg N ha<sup>-1</sup> cada uma.

Foram testados cinco fungicidas aplicados isoladamente ou em misturas em diferentes doses (Tabela 4). Os fungicidas foram avaliados em duas aplicações, com intervalo de 14 dias entre as mesmas, nos estádios de emborrachamento (R2) e pleno florescimento (R4), respectivamente. Utilizou-se um pulverizador costal propelido com CO<sub>2</sub>, equipado com bicos Micron 110 DB, numa pressão constante de 39 PSI e um gasto de calda equivalente a 200 l ha<sup>-1</sup>. As condições climáticas no momento da aplicação eram respectivamente nos dias 25/01/2012 e 02/02/2012: temperatura

ambiente de 26,2°C e 23,5°C, umidade relativa do ar: 96% em ambos os dias e velocidade do vento: 1,4 km h<sup>-1</sup> e 1,9 km h<sup>-1</sup>.

Tabela 4. Fungicidas avaliados para o controle de brusone da panícula na cultura do arroz irrigado.

Trat.	Nome comercial	Ingrediente ativo	Dose/ha	Adjuvante – Dose/ha
Testem.	-	-	-	-
K1	Kasumin	Casugamicina	750 ml	-
K2	Kasumin	Casugamicina	1000 ml	-
K3	Kasumin	Casugamicina	1250 ml	-
K4	Kasumin	Casugamicina	1500 ml	-
BIM	Bim	Triciclazol	250 g	-
BPA1	Bim/Priori/Alterne	Triciclazol/azoxistrobina/ tebuconazol	270 g/ 270 ml/ 670 ml	Nimbus - 400 ml
BPA2	Bim/Priori/Alterne	Triciclazol/azoxistrobina/ tebuconazol	200 g/ 200 ml/ 750 ml	Nimbus- 400 ml
BA	Bim/ Alterne	Triciclazol/tebuconazol	270 g/ 670 ml/	-
NAT	Nativo	Trifloxistrobina + tebuconazol	750 ml	Aureo – 750 ml

A avaliação foi realizada no dia 27 de fevereiro de 2012, e a incidência de brusone da panícula efetuada visualmente no estágio R8 (maturação completa das panículas) atribuindo-se notas às parcelas com base em escalas de notas padronizadas internacionalmente (IRRI, 2002). Nota zero indica ausência de sintomas; nota 1 incidência menor do que 5%; nota 3 incidência entre 5-10%; nota 5 incidência entre 11-25%; nota 7 incidência entre 26-50%; e nota 9 para incidência acima de 50%. Foram consideradas infectadas as panículas com sintomas no primeiro e segundo nó basal.

Para o cálculo de porcentagem de incidência de brusone na panícula, utilizou-se a média do intervalo de porcentagem correspondente a nota dada às 4 repetições de cada tratamento, como pode ser visto no exemplo abaixo, considerando o tratamento Z (Tabela 5).

Tabela 5. Exemplo para demonstração do cálculo de porcentagem de brusone da panícula.

Repetições	Nota	Incidência (%)	Média incidência (%)
1 <sup>a</sup>	3	5-10	7,5
2 <sup>a</sup>	5	11-25	18
3 <sup>a</sup>	3	5-10	7,5
4 <sup>a</sup>	3	5-10	7,5
Média incidência do tratamento Z			10,1

Dessa forma, temos o IBP do tratamento Z é de 10,1%.

Já para a determinação da eficiência de controle, uma regra de três foi feita, admitindo-se a % de incidência da testemunha como 100% e a % de incidência do tratamento, como “X”. Encontrado esse valor, o mesmo foi subtraído de 100, obtendo-se assim a EC (%).

Os dados obtidos foram compilados para planilha Excel e submetidos à análise de variância através da utilização do software “Assistat 7.6 Beta” e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

### 6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados sobre a eficiência dos cinco fungicidas testados para o controle da brusone da panícula encontram-se descritos na Tabela 6.

Tabela 6. Desempenho de fungicidas no controle da brusone de panícula, em arroz irrigado, cultivar SCS 116 Satoru, Itajaí, SC.

Tratamento	Ingrediente ativo	IBP* (%)	EC** (%)
Testemunha	-	75 a	-
K1	Casugamicina	47,2 b	37
K2	Casugamicina	38 b	49,3
K3	Casugamicina	33 bc	66
K4	Casugamicina	28 bc	62,6
BIM	Triciclazol	15,4 cd	79,5
BPA1	Triciclazol/azoxistrobina/tebuconazol	2,5 d	96,6
BPA2	Triciclazol/azoxistrobina/tebuconazol	5 d	93,3
BA	Triciclazol/tebuconazol	6,2 d	91,6
NAT	Trifloxistrobina + tebuconazol	5 d	93,3
CV (%)		31,91	-

IBP (%) = Porcentagem de incidência de brusone da panícula.  
EC (%) = Eficiência de controle.

No que diz respeito à incidência de brusone da panícula (BP) o maior valor obtido foi observado na testemunha com 75%, evidenciando a alta suscetibilidade da cultivar utilizada no experimento quando não se faz uso de qualquer tipo de controle da doença.

Os tratamentos que proporcionaram os melhores níveis de eficiência no controle (EC) (acima de 90%) da brusone da panícula foram BPA1, BPA2, BA e NAT, sendo desses quatro tratamentos o BPA1 aquele que alcançou maior porcentagem na EC com 96,6%. Tal fato mostra que o uso combinado de duas ou mais substâncias químicas favorece um maior controle da brusone já que três dos quatro melhores tratamentos foram assim compostos. O mesmo ocorreu com o tratamento utilizando o fungicida Nativo, o qual tem em sua composição duas substâncias (Trifloxistrobina + tebuconazol) como ingredientes ativos. Apesar destes bons resultados é importante ter cautela, pois quanto mais substâncias forem colocadas juntas em contato com o fungo, maiores poderão ser as chances do mesmo adquirir resistência aos fungicidas, em função da existência de variabilidade genética entre as raças do patógeno *P. grisea*.

Para o Estado de Santa Catarina, no estudo realizado por Scheuermann (2002) em lavouras comerciais de 21 municípios, viveiros de infecção e campos de multiplicação de sementes da Estação Experimental de Itajaí foi observado que a população do patógeno causador da brusone tem baixa variabilidade genética. Especificamente para a Estação Experimental de Itajaí 9 haplótipos existentes em lavouras comerciais não foram identificados nesta localidade, indicando a ocorrência de escape. Logo, esta constatação pode ser o fator mais importante da curta durabilidade da resistência à brusone, como também da aquisição de resistência aos fungicidas.

Um dos motivos atribuídos ao sucesso da combinação de mais de uma substância no controle de brusone ancora-se na ocorrência de diferentes mecanismos de ação dos fungicidas testados. Analisando o tratamento BPA1, temos uma combinação dos fungicidas Bim, Piori e Alterne, os quais possuem como ingredientes ativos Triciclazol, Azoxistrobina e Tebuconazol, respectivamente.

No que tange aos efeitos desencadeados pela ação destas substâncias no controle do fungo pode-se citar a inibição da síntese de melanina e inibição da desmetilação de esteróides.

Componente da parede celular do apressório do fungo, a melanina atua como uma barreira à permeabilidade, permitindo um aumento na concentração de alguns solutos citoplasmáticos (HOWARD & FERRARI, 1989). A capacidade do apressório em penetrar na planta depende de uma alta pressão de turgor, de modo que com a inibição da síntese de melanina estas estruturas de penetração falham, uma vez que perdem a rigidez necessária para a perfuração mecânica da cutícula.

Quanto à inibição da desmetilação de esteróides, esta é considerada a mais importante para o controle de doenças fúngicas de plantas e animais, devido a sua alta potência antifúngica e possibilidade de controlar um amplo espectro de doenças causadas por ascomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos (BARLETT, et al. 2002). Esta elevada capacidade de controle do fungo ocorre em virtude da depleção do ergosterol endógeno acarretando o acúmulo de intermediários tóxicos (URBINA et al. 1997). O ergosterol é uma substância fundamental para o crescimento, desenvolvimento e sobrevivência dos fungos, além de ser importante para sua proliferação *in vitro*. Por essa razão, enzimas que participam da sua biossíntese são alvos potenciais para desenvolvimento de fungicidas. Entre elas destaca-se a lanosterol 14a-desmetilase, alvo dos derivados azólicos (PACHECO, 2009).

Dentre os grupos químicos em que estão inseridos os fungicidas utilizados neste trabalho, os mesmos se restringem basicamente aos grupos dos triazóis, estrobirulinas e benzotiazóis, sendo os tratamentos compostos pelo fungicida Kasumin pertencente ao grupo químico dos antibióticos. Isso evidencia a possibilidade de rotação de princípios ativos com diferentes mecanismos de ação, reduzindo a pressão de seleção sobre o patógeno e conseqüentemente os riscos de aparecimento de isolados resistentes (CHEN & ZHOU, 2009; ADAME & KOLLER, 2003).

Apesar disso, é preciso observar a especificidade dos fungicidas empregados, uma vez que estes podem atuar controlando uma ampla gama de doenças fúngicas, sendo denominados de fungicidas com modo de ação não específico ou apresentar espectro limitado de atividade contra um ou dois grupos específicos de fitopatógenos podendo ser denominados como fungicidas com modo de ação específico. A especificidade dos fungicidas, principalmente dos sistêmicos, faz com que haja alto risco de resistência adquirida pelo patógeno (RODRIGUES et al., 2007; ZAMBOLIM et al., 2007).

Neste trabalho somente o fungicida Bim é específico para o controle da brusone. Este por sua vez devido a elevada utilização nas lavouras já não se mostra eficiente no controle quando empregado individualmente, necessitando ser aplicado combinado com outros produtos.

Vale ressaltar que o emprego correto de fungicidas, em doses, número e época de aplicações adequadas auxilia em muito no manejo de doenças, principalmente quando não se dispõe de cultivares resistentes, além de evitar ou minimizar a ocorrência de resistência do fungo aos fungicidas disponíveis no mercado.

#### **6.4. CONCLUSÃO**

Os tratamentos que proporcionaram os melhores níveis de eficiência no controle (EC) (acima de 90%) da brusone da panícula foram BPA1, BPA2, BA e NAT, evidenciando a possibilidade do agricultor otimizar e diversificar o uso de fungicidas no controle de brusone da panícula.

## 6.5. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ADAME, C.A.; KOLLER, W. (2003) Characterization of spontaneous mutants of *Magnaporthe grisea* expressing stable resistance to the Qo-inhibiting fungicide azoxystrobin. **Current Genetics**, New York, v.42, n.6, p. 332-338.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em 23 mai. 2012.

AZAMBUJA, I.H.V.; VERNETTI JR., F.J.; MAGALHÃES JR., A.M. (2004) Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de (Ed.), **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Embrapa, Brasília, p.23-44.

BARLETT, D. W.; CLOUGH, J. M.; GODWIN, J. R.; HALL, A. A.; HAMER, M.; PARRDO-BRZANSKI, B. (2002) The strobilurin fungicides. **Pest Management**, Oak St., v.58, p.649-662.

BEDENDO, I.P. (1997) Doenças do arroz; *Oryza sativa* L. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia**; doenças das plantas cultivadas. 3.ed. São Paulo, Ceres. v.2. cap.10. p.85-99. (Edição Ceres, 4).

BERNI, R.F.; PRABHU, A.S. (2003). Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 195-201. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/pab/v38n2/v38n2a05.pdf](http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n2/v38n2a05.pdf). Acesso em: 20 mar. 2012.

CARDOSO, E.J.B.N. & KIMATI, H. (1980) Doenças do arroz; *Oryza sativa* L. In: GALLI, F.; CARVALHO, P. de C.T. de; TOKESHI, H.; BALMER, E.; KIMATI, H.; CARODOSO, C.O.N.; SALDADO, C.L.; KRÜGNER, T.L.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**; doenças das plantas cultivadas. 2.ed. São Paulo, Ceres. v.2. cap.7. p.75-86. (Edição Ceres, 4).

CHAGAS, J.F.R. (2010) **Avaliação da mistura varietal no manejo da brusone em arroz**. Dissertação (mestrado) – Mestrado em Produção Vegetal. Fundação Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO.

CHEN, Y.; ZHOU, M.G. (2009) Characterization of *Fusarium graminearum* isolates resistant to both carbendazim and a new fungicide JS399-19. **Phytopathology**, v.99, n.4, p.441-446.

DARIO, G.J.A.; MANFRON, P.A.; BONNECARRÉRE, R.A.G.; NETO, D.D.; MARTIN, T.N.; CRESPO, P.E.N. (2005). Controle químico de brusone em arroz irrigado. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.12, n.1, p. 25-33. Disponível em: [www.revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/viewFile/2299/1792](http://www.revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/viewFile/2299/1792). Acesso em: 20 mar. 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA [internet] (2004): Informações gerais sobre brusone em trigo e em cevada. **Documentos on line**, n. 40, Passo Fundo/RS. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do40\\_3.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do40_3.htm). Acesso em: 22 mar. 2012.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSAO RURAL DE SANTA CATARINA [internet]: **Brusone**. Disponível em: [http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=930:brusone&catid=30:suinoicultura&Itemid=47](http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=930:brusone&catid=30:suinoicultura&Itemid=47). Acesso em: 21 mar. 2012.

HOWARD, R.J.; FERRARI, M.A. (1989) Role of melanin in aplerium function. **Experimental Mycology**, New York, v.13, 403-418.

INSTITUTO CEPA/EPAGRI: (2010) **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. v. 31. p. 82-97. Florianópolis.

MALAVOLTA, V.M.A.; AMARAL, R.E.M.; ISSA, E. et al. (2008). Estabilidade da resistência à brusone em cultivares/linhagens de arroz. **Summa Phytopathologica**, v.18, n.2, p.111-117.

OU,S.H. (1972a). Fungus diseases-foilage diseases. In: **Rice disease**. England:CAB, p.97-184.

OU,S.H. (1972). **Rice disease**. London: Eastern Press, p. 97-137.

PACHECO, A.G.M. (2009) **Modelagem molecular comparativa e estudos de acoplamento molecular da enzima Lanosterol 14 $\alpha$ -desmetilase do *Moniliophthora Perniciosa***. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

PRABHU, A.S.; FARIA, J.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. (1989). Comparative yield loss estimates due to blast in some upland rice cultivars. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.14, n.3, p.227-232.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. (1998). Avaliação de resistência à doenças de arroz. In: **Curso Internacional de Melhoramento Genético de Arroz**, Goiás, Goiânia: Embrapa, p.2-4.

PRABHU, A.S.; FILIPPI, M.C.; RIBEIRO, A.S. (1999). Doenças e o seu controle. In: VIEIRA, N.R. de A.A.; SANTOS, A.B. dos; SANT'ANA, E.P. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás. EMBRAPA Arroz e Feijão, p.262-307.

PRABHU, A.S. et al. (2003). Estimativas de danos causados pela brusone na produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p. 1045-1051.

RIBEIRO, A.S. (1988) Doenças do arroz irrigado. Pelotas, **CPATB**. 56p. (**Circular Técnica, 19**).

RIBEIRO, A.S.; TERRES, A.L.S. (1987). Variabilidade do fungo *Pyricularia oryzae* e sua relação com cultivares resistentes à brusone. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.12, n. 4, p. 316-321.

RODRIGUES, M.B.C.; ANDREOTE, F.D.; SPÓSITO, M.B.; AGUILLAR-VILDOSO, C.I.; ARAÚJO, W.L.; PIZZIRANI-KLEINER, A.A. Resistência a benzimidazóis por *Guignardia citricarpa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.3, p.323-327, 2007.

SANTOS, G.R.; RANGEL, P.H.N.; SANTIAGO, C.M.; et al. (2005). Reação a doenças e caracteres agrônômicos de genótipos de arroz de várzeas no Estado do Tocantins. **Agropecuária Técnica**, v.26, n.1, p. 51-57.

SOSBAI. (2010) Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 28. Porto Alegre: SOSBAI, 188p.

SCHEUERMANN, K.K. (2002). **Análise da variabilidade genética de *Magnaporthe grisea* no Estado de Santa Catarina**. 74f. Dissertação (mestrado)- Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

URBINA J.A. (1997) Lipid biosynthesis pathway as chemotherapeutic targets in kinetoplastid parasites. **Parasitology**. 114: S91-S99.

ZAMBOLIM, L.; VENÂNCIO, S.V.; OLIVEIRA, S.H.F. Manejo da Resistência de Fungos a Fungicidas. **Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora**, 2007, 168p.

ZEIGLER, R.S. (1998). Recombination in *Magnaporthe grisea*. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.36, p. 249-276.

ZHU, Y.; CHEN, H.; FAN, J.; et al. (2000) Genetic diversity and disease control in rice. **Nature**. v. 406, p.718-722.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Durante o estágio na EEI-Epagri foi possível compreender de forma mais clara o funcionamento e a importância de um programa de melhoramento genético, principalmente para a cultura do arroz irrigado, a qual é um dos pontos-chave da agricultura catarinense. Apesar do longo e árduo trabalho, em geral os resultados obtidos pelo melhoramento genético são muito positivos, trazendo avanços e consequentemente melhorias para a sociedade.

Quanto aos ensinamentos obtidos através da realização do estágio, estes foram além do saber científico, um aprendizado para a vida. A caminhada realizada pelo aluno do curso de Agronomia é em geral longa e bastante penosa, seja pelo enorme currículo a ser cumprido ou pelos desafios assustadores que sabidamente serão enfrentados no decorrer da profissão. Ao longo dos cinco anos de estudo muitas dúvidas são levantadas, muitos medos são sentidos e principalmente muitas noites são mal dormidas.

Na maioria dos casos um mundo de fantasias é criado dentro do centro de ensino, onde os alunos se iludem com a teoria e esquecem que a prática pode ser algo totalmente diferente. A fim de que esta ilusão seja quebrada o estágio de conclusão é um ótimo meio para que uma nova e (quase sempre) verdadeira realidade seja mostrada. Assim, afirmo sem nenhuma dúvida que a experiência do estágio foi a melhor possível, aumentando mais ainda meu desejo de exercer essa difícil, porém bela profissão