

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**CARACTERÍSTICAS DE PLANTA RELACIONADAS À HABILIDADE
COMPETITIVA EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO**

Alvadi Antonio Balbinot Junior
Engenheiro Agrônomo (UDESC)

Dissertação apresentada como um dos
requisitos à obtenção do grau de
Mestre em Fitotecnia,
Área de Concentração Plantas de Lavoura.

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro, 2002

DEDICATÓRIA

À minha família, pelo carinho, incentivo e compreensão, sem os quais não teria realizado esta etapa em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Nilson Gilberto Fleck pela orientação segura e constante e, também, pela motivação e amizade.

A Deus por tudo o que tenho.

Ao meu cunhado Roberto Silva pelo exemplo de vida, à minha irmã Zanete e aos meus sobrinhos pela confiança em mim depositada.

À minha namorada Daniela Tagliari Longhi pelo amor, incentivo e compreensão.

Ao Instituto Rio-Grandense do Arroz por possibilitar a execução dos trabalhos em campo, em especial ao Pesquisador Valmir Gaedke Menezes.

Ao CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro.

Aos professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, em especial ao professor José Barbosa.

À Faculdade de Agronomia da UDESC pela excelente formação profissional a mim concedida.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRGS, em especial Mauro A. Rizzardi e Dirceu Agostinetto.

Aos amigos Anderson F. Wamser e Klaus Konrad S. pela amizade.

CARACTERÍSTICAS DE PLANTA RELACIONADAS À HABILIDADE COMPETITIVA EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO¹

Autor: Alvadi Antonio Balbinot Junior

Orientador: Nilson Gilberto Fleck

RESUMO GERAL

O principal fator limitante ao aumento do potencial de rendimento do arroz irrigado no Sul do Brasil tem sido a interferência exercida pelo arroz-vermelho. Com o objetivo de relacionar características morfofisiológicas de genótipos de arroz com sua competitividade, foram conduzidos dois experimentos em casa-de-vegetação e um em campo na estação estival de crescimento 2000/2001. Na pesquisa, investigou-se velocidade de estabelecimento das cultivares (Capítulo I); velocidade de crescimento de plantas de genótipos de arroz (Capítulo II); potencial competitivo de cultivares (Capítulo III) e, ainda, características de plantas de arroz mais associadas com habilidade em competir com arroz-vermelho (Capítulo IV). Em casa-de-vegetação, investigou-se as velocidades de emergência e de crescimento inicial do arroz. Em campo, os tratamentos utilizados foram oito genótipos de arroz, cultivados na presença ou ausência da cultivar de arroz EEA 406, simulando infestação de arroz-vermelho. Avaliou-se as velocidades de estabelecimento e crescimento, características do dossel da cultura e variáveis de final de ciclo e colheita. As práticas de manejo adotadas foram aquelas recomendadas para a cultura na região. Em geral, os genótipos Ligeirinho e XL 6 apresentaram elevadas velocidades de emergência e de crescimento absoluto de plantas, enquanto Bluebelle e Formosa apresentaram lento estabelecimento e crescimento, o que lhes propiciou baixa competitividade. Por outro lado, o genótipo IR 841 mostrou atributos que lhe conferiram sucesso competitivo. A habilidade em sombrear o espaço aos 60 dias após semeadura, constitui-se em característica fundamental na determinação da competitividade das cultivares, a qual é dependente de rápido crescimento inicial de planta. Assim, rápida ocupação inicial do nicho pelo arroz confere sucesso competitivo posterior à cultura na comunidade de plantas associadas.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (121p.). Fevereiro, 2002.

PLANT TRAITS RELATED TO COMPETITION ABILITY IN FLOODED RICE CULTIVARS¹

Author: Alvadi Antonio Balbinot Junior
Adviser: Nilson Gilberto Fleck

ABSTRACT

The main factor that limits increases in potential of flooded rice grain yield in Southern Brazil has been interference caused by red rice. With the main aim to relate morphophysiological characteristics of cultivated rice genotypes with their competitive ability, there were conducted two greenhouse trials and one field experiment during the 2000/2001 warm growing season. The research investigated establishment velocity of rice cultivars (Chapter I); growth rate of rice genotypes (Chapter II); competitive potential of rice cultivars (Chapter III); and, traits of rice plants associated with ability to compete with red rice (Chapter IV). In the greenhouse, it was investigated rice emergence and early growth rate. In the field, treatments tested were eight rice genotypes, grown in presence or absence of the rice cultivar EEA 406, simulating a red rice infestation. There were evaluated emergence and growth rate, crop canopy characteristics, and variables at harvesting time. The management practices utilized were those usually adopted for rice cultivation in the region. In general, rice genotypes Ligeirinho and XL 6 presented the highest emergence and growth rate, whereas Bluebelle and Formosa showed slow establishment and growth, which afforded them low competitive potential. On the other hand, the genotype IR 841 showed attributes which conferred it high competitive success. Plant ability to shade the space 60 days after sowing, is a fundamental characteristic in determining competitiveness for a rice cultivar, which, in its turn, depends of fast early growth of the plants. This way, rapid niche occupation by rice plants confers success for crop competition ability in the community of associated weeds.

¹Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (121p.) February, 2002.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO GERAL.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE APÊNDICES.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I - Velocidade de estabelecimento de planta relacionada à capacidade competitiva em genótipos de arroz irrigado.....	6
1.1. RESUMO.....	6
1.2. INTRODUÇÃO.....	7
1.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
1.5. CONCLUSÕES.....	24
CAPÍTULO II - Características de planta e de crescimento de cultivares de arroz irrigado relacionadas à habilidade competitiva com plantas concorrentes.....	25
2.1. RESUMO.....	25

2.2. INTRODUÇÃO.....	26
2.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
2.5. CONCLUSÕES.....	48
CAPÍTULO III – Cultivares de arroz irrigado apresentam diferentes habilidades competitivas.....	50
3.1. RESUMO.....	50
3.2. INTRODUÇÃO.....	51
3.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
3.5. CONCLUSÕES.....	70
CAPÍTULO IV - Associação de características de cultivares de arroz irrigado à habilidade competitiva com plantas concorrentes.....	71
4.1. RESUMO.....	71
4.2. INTRODUÇÃO.....	72
4.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	76
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4.5. CONCLUSÕES.....	89
DISCUSSÃO GERAL.....	91
CONCLUSÕES GERAIS.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
APÊNDICES.....	108
VITA.....	121

LISTA DE TABELAS

		Páginas
TABELA 1.1.	Índices de velocidade de emergência e atividade inicial de α -amilase de sementes de cultivares de arroz, UFRGS, Porto Alegre - RS, 2000/01.....	17
TABELA 1.2.	Características de plantas de cultivares de arroz avaliadas em casa-de-vegetação no Bioensaio 1, aos 14 dias após semeadura, UFRGS, Porto Alegre - RS, 2000/01.....	20
TABELA 1.3.	Características de plantas de cultivares de arroz avaliadas em casa-de-vegetação no Bioensaio 2 aos 14 dias após semeadura, UFRGS, Porto Alegre-RS, 2001.....	20
TABELA 1.4.	Características de plantas de cultivares de arroz, avaliadas no campo aos 15 dias após semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	21
TABELA 2.1.	Características das cultivares de arroz irrigado utilizadas no experimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	32
TABELA 2.2.	Razão de área folhar (RAF) ($\text{cm}^2.\text{mg}^{-1}$) de cultivares de arroz avaliada em quatro épocas, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	45
TABELA 2.3.	Cobertura do solo promovida por cultivares de arroz, penetração de luz no dossel e teor de clorofila folhar, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	46
TABELA 2.4.	Taxa de crescimento relativo (TCR) ($\text{mg}.\text{mg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) de cultivares de arroz avaliada em três períodos, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	47
TABELA 2.5.	Taxa de assimilação líquida (TAL) ($\text{mg}.\text{cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) de cultivares de arroz avaliada em três períodos, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	48
TABELA 3.1.	Características das cultivares de arroz irrigado utilizadas no experimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	56
TABELA 3.2.	Número de panículas por área e número de grãos por panícula de cultivares de arroz, na ausência e presença de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	61
TABELA 3.3.	Peso do grão de cultivares de arroz, na ausência e presença de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	63
TABELA 3.4.	Produtividade de grãos e índice de uso eficiente da terra parcial (UET) de cultivares de arroz na ausência e presença de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	63

TABELA 3.5.	Variáveis relativas ao crescimento de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho em presença de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	68
TABELA 3.6.	Variáveis avaliadas na colheita de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho em presença de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	69
TABELA 4.1.	Coeficientes de determinação (r^2) das equações de regressão ajustadas pelas variáveis independentes, tendo redução percentual do rendimento de grãos de oito cultivares de arroz decorrente de competição de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho como variável dependente do modelo linear múltiplo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	81
TABELA 4.2.	Coeficientes de determinação (r^2) das equações de regressão ajustadas pelas variáveis independentes, tendo a produção de massa aérea pela simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho em competição com oito cultivares de arroz como variável dependente do modelo linear múltiplo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	83
TABELA 4.3.	Coeficientes de determinação (r^2) das equações de regressão ajustadas pelas variáveis independentes, tendo cobertura do solo por oito cultivares de arroz aos 60 dias após semeadura (DAS) como variável dependente do modelo linear múltiplo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	85
TABELA 4.4.	Coeficientes de correlação linear simples entre variáveis analisadas em experimento que avaliou características de oito cultivares de arroz em resposta à presença de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	87

LISTA DE FIGURAS

		Páginas
FIGURA 1.1.	Evolução da emergência de sementes de cultivares de arroz no campo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	16
FIGURA 2.1.	Evolução da área folhar das cultivares de arroz irrigado Ligeirinho e IRGA 421, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	37
FIGURA 2.2.	Evolução da área folhar das cultivares de arroz irrigado IRGA 418 e XL 6, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	37
FIGURA 2.3.	Evolução da área folhar das cultivares de arroz irrigado El Paso e Bluebelle, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	38
FIGURA 2.4.	Evolução da área folhar das cultivares de arroz irrigado IR 841 e Formosa, médias de duas situações de competição EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	38
FIGURA 2.5.	Evolução do estágio de desenvolvimento do colmo principal de plantas de cultivares de arroz irrigado, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	40
FIGURA 2.6.	Evolução da estatura de planta de cultivares de arroz irrigado, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	40
FIGURA 2.7.	Acúmulo de massa na parte aérea da planta das cultivares de arroz irrigado Ligeirinho e IRGA 421, média das duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	42
FIGURA 2.8.	Acúmulo de massa na parte aérea de planta das cultivares de arroz irrigado XL 6 e IRGA 418, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	42
FIGURA 2.9.	Acúmulo de massa na parte aérea da planta das cultivares de arroz irrigado Bluebelle e El Paso, média das duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	43
FIGURA 2.10.	Acúmulo de massa na parte aérea da planta das cultivares de arroz irrigado Formosa e IR 841, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	43

FIGURA 3.1.	Duração do ciclo de desenvolvimento e estatura de plantas de cultivares de arroz irrigado, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	60
FIGURA 4.1.	Relação entre cobertura do solo proporcionada pelas plantas de oito cultivares de arroz aos 60 dias após semeadura (DAS) e redução do rendimento de grãos das cultivares decorrente da competição de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA , Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	81
FIGURA 4.2.	Relação entre cobertura do solo proporcionada pelas plantas de oito cultivares de arroz aos 60 dias após semeadura (DAS) e massa seca da parte aérea de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho aos 60 DAS, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	83
FIGURA 4.3.	Relação entre massa seca acumulada por planta aos 15 dias após semeadura (DAS) e cobertura do solo proporcionada por oito cultivares de arroz aos 60 DAS, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	85

LISTA DE APÊNDICES

	Páginas
APÊNDICE 1. Temperaturas máximas e mínimas do ar ($^{\circ}\text{C}$), observadas na estação de crescimento de arroz 2000/01, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS,	109
APÊNDICE 2. Radiação solar (cal.cm^{-2}) observada na estação de crescimento de arroz 2000/01, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	110
APÊNDICE 3. Resumo da análise de variância para velocidade de emergência em campo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	111
APÊNDICE 4. Resumo da análise de variância para índice de velocidade de emergência (IVE) e atividade inicial de α -amilase de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	112
APÊNDICE 5. Resumo da análise de variância para características de planta de cultivares de arroz avaliadas 14 dias após semeadura, em casa-de-vegetação, UFRGS, Porto Alegre-RS, 2000/01.....	113
APÊNDICE 6. Resumo da análise de variância para características de planta de cultivares de arroz avaliadas 15 dias após semeadura, em campo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	114
APÊNDICE 7. Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento absoluto de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	115
APÊNDICE 8. Resumo da análise de variância para características de dossel e crescimento relativo de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	116
APÊNDICE 9. Resumo da análise de variância para variáveis de final de ciclo de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	117
APÊNDICE 10. Resumo da análise de variância para variáveis da simuladora de arroz-vermelho (EEA 406) em associação com cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	118
APÊNDICE 11. Resumo da análise de variância para variáveis da simuladora de arroz-vermelho (EEA 406) em associação ou não com cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.....	119

APÊNDICE 12.	Coeficientes de determinação (r^2) das equações de regressão linear ajustadas pelas variáveis independentes tendo redução do rendimento de grãos, massa aérea acumulada pela simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho e cobertura do solo proporcionada por cultivares de arroz como variáveis dependentes do modelo.....	120
---------------------	---	-----

INTRODUÇÃO GERAL

A produção mundial de arroz situa-se ao redor de 500 milhões de toneladas, ocupando área aproximada de 150 milhões de hectares. Mais da metade dessa produção provém de lavouras com irrigação controlada, as quais ocupam apenas 25% da área total cultivada (Agrianual, 1999). O arroz representa a base da alimentação no Brasil e em vários países do mundo (Johnson et al., 1998). A evolução dos níveis de produtividade desta cultura está relacionada com o suprimento de alimentos no futuro. Neste sentido, pesquisadores do Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz (IRRI) afirmam que será necessário elevar em 40% a produção de arroz até o ano 2020 para suprir a demanda estimada, que vêm crescendo nos últimos anos devido à elevada taxa de crescimento populacional.

No Brasil, a produção deste cereal participa com cerca de 1,9% da produção mundial, sendo cultivados anualmente 1,3 milhões de hectares com arroz irrigado (Nedel et al., 1998), dos quais cerca de 937.500 hectares localizam-se no Rio Grande do Sul, que responde com cifras da ordem de 48% da produção nacional e 10% do produto interno bruto agropecuário do Estado (Irga, 2001). Para o Rio Grande do Sul, a importância sócio-econômica do arroz é inquestionável, sendo responsável por cerca de 30% da produção gaúcha de grãos e por 5% do ICMS arrecadado (Irga, 2001). Cerca de 85% do arroz colhido no Rio Grande do Sul é exportado para outras unidades da Federação brasileira,

solidificando a importância social e econômica da cultura para o Estado. A produtividade média obtida no RS na safra 1999/2000 foi de 5,7 t.ha⁻¹, que é aproximadamente o dobro da média nacional, 3,1 t.ha⁻¹ (Irga, 2001). No entanto, esta produtividade ainda está aquém daquela alcançada pelas lavouras que adotam alto nível tecnológico e, também, do potencial obtido em áreas experimentais. Este fato decorre, principalmente, do controle insatisfatório de plantas daninhas (Embrapa, 1999b). De acordo com Caton et al. (1997), os prejuízos causados por infestantes é um dos maiores entraves para o aumento do rendimento de grãos de arroz irrigado em todo mundo.

A espécie daninha mais problemática na orizicultura irrigada do Sul do Brasil é o arroz-vermelho, pertencente à mesma espécie do arroz cultivado (*Oryza sativa* L.), mas que é considerada daninha porque ocorre espontaneamente na maioria das áreas de arroz irrigado do mundo. Estima-se que 1,3 milhões de toneladas de arroz são perdidas por ano no Rio Grande do Sul, devido aos danos provocados pelo arroz-vermelho, que representam prejuízo equivalente a 150 milhões de dólares aos produtores (Irga, 2001). O arroz-vermelho causa danos diretos ao arroz irrigado devido à competição que exerce com a cultura pelos recursos do meio, notadamente luz (Smith Jr., 1988).

Competição refere-se à utilização conjunta, por duas ou mais plantas, de recursos essenciais ao seu crescimento e desenvolvimento, os quais apresentam suprimento limitado no ecossistema (Pitelli, 1981). Por pertencerem à mesma espécie, o arroz-vermelho e o cultivado apresentam elevada similaridade morfofisiológica (Bonow et al., 2001), o que dificulta o controle químico seletivo, fazendo-se necessário utilizar métodos culturais de controle; dentre eles, destaca-se a utilização de cultivares que mostrem vantagem em habilidade competitiva.

Devido aos sistemas de semeadura e de irrigação empregados, há dificuldade na utilização de outros métodos de controle que não o químico, embora este método, em muitos casos, torne-se economicamente inviável, devido ao elevado custo dos herbicidas. Além disso, os agroquímicos apresentam outros problemas potenciais, como contaminação ambiental, perigo de intoxicação humana e surgimento de plantas daninhas resistentes a alguns produtos. Torna-se importante, portanto, integrar práticas culturais que visem reduzir os problemas oriundos das infestações de plantas daninhas. Contudo, a evolução do manejo integrado de plantas daninhas somente poderá efetivar-se com maior conhecimento básico sobre a biologia das infestantes (Caton et al., 1997).

Pesquisas que objetivaram o estabelecimento de relações entre características vegetativas de plantas cultivadas e suas conseqüências sobre a competitividade com plantas daninhas são relativamente antigas (Guneyli et al., 1969; Kawano et al., 1974). Nestes trabalhos, já foram averiguadas variações de habilidade competitiva entre cultivares. Todavia, ainda não existe consenso em relação à variável mais importante na definição do potencial competitivo das plantas cultivadas. Na maioria dos casos, variáveis relacionadas ao crescimento inicial de plantas são apontadas como responsáveis pela maior competitividade de alguns genótipos frente às plantas daninhas (Forcella, 1987; Gaudet & Keddy, 1988; Cousens & Mokhtari, 1998; Ni et al., 2000). Estes trabalhos demonstram, basicamente, existir variabilidade na capacidade de competição entre cultivares. Salienta-se, entretanto, que apenas seis ancestrais contribuem com 86% dos genes das cultivares mais utilizadas para cultivo no Rio Grande do Sul (Bonow et al., 2001). Isso pode constituir-se em um entrave para a seleção de genótipos mais hábeis em competir com plantas daninhas, principalmente porque as

características relacionadas com capacidade de competição são de origem poligênica (Olofsdotter & Mallik, 2001).

É provável que a falta de progresso na criação de cultivares com elevada competitividade seja devida à complexidade e à falta de entendimento dos mecanismos de competição entre os cultivos e as invasoras (Olofsdotter & Mallik, 2001). Conforme os mesmos autores, o potencial competitivo de um vegetal depende das suas características morfofisiológicas e do comportamento alelopático. Segundo Lemerle et al. (1995), existe potencial muito elevado para criação de novos genótipos que apresentem habilidade competitiva superior, reduzindo, potencialmente, a dependência de herbicidas para seu manejo.

Atualmente, a maioria das cultivares de arroz cultivadas na região Sul do Brasil é do tipo 'moderno' que, em geral, apresentam baixa habilidade competitiva. Isso decorre do fato de que a evolução das cultivares acompanhou a evolução das práticas de manejo e trouxe, como conseqüência, perda em habilidade competitiva. Na ausência de controle químico e com uso de baixas densidades de plantas de cultivares modernas, ocorrem perdas elevadas de rendimento dos cultivos (Korres & Froud-Williams, 1997; Hashem et al., 1998). Além disso, verifica-se que o objetivo maior do melhoramento genético nas últimas décadas foi elevar o potencial produtivo das cultivares de arroz. Mas, conforme apontam Paolini et al. (1998), existe correlação negativa entre habilidade produtiva e competitividade.

Características fisiológicas, como velocidades de emergência de sementes e de crescimento inicial de plantas estão diretamente relacionadas à rapidez de ocupação do nicho e ao sucesso competitivo das plantas (Fischer & Miles, 1973). Adicionalmente, cultivares que apresentam maior duração de ciclo também

podem competir com maior vantagem com plantas daninhas. Ainda, características morfológicas, como estatura final de planta e capacidade de cobertura do solo pelas cultivares estão relacionadas com seu potencial de sombreamento e, conseqüentemente, com sua habilidade em competir pelo recurso luz. Assim, através do melhoramento vegetal direcionado para essas características, pode-se colocar a cultura em situação competitiva vantajosa na comunidade de plantas.

A utilização de genótipos que demonstram elevada competitividade, pode representar uma ferramenta importante no manejo de plantas daninhas em sistemas que visam reduzir a quantidade de herbicidas aplicada em lavouras, assim como em sistemas de produção baseados em princípios de ecologia, que eliminar a utilização de agroquímicos.

Esse trabalho teve como objetivos avaliar variações morfofisiológicas e de habilidade competitiva entre genótipos de arroz irrigado na presença de plantas concorrentes e definir qual característica apresenta maior relevância na determinação do potencial competitivo das cultivares. Para isso, conduziu-se dois experimentos em casa-de-vegetação e outro em campo. Avaliou-se a velocidade de estabelecimento dos genótipos (Capítulo 1), velocidade de crescimento de plantas das cultivares (Capítulo 2), competitividade de genótipos de arroz (Capítulo 3) e características de planta que definem a habilidade competitiva de cultivares de arroz (Capítulo 4).

CAPÍTULO I

VELOCIDADE DE ESTABELECIMENTO DE PLANTA RELACIONADA À CAPACIDADE COMPETITIVA EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO

1.1. RESUMO

Plantas que apresentam rápido estabelecimento possuem prioridade na utilização dos recursos do meio; por isso, levam vantagem na competição com plantas vizinhas. O objetivo deste trabalho foi detectar variações na velocidade de estabelecimento de plântulas em cultivares de arroz irrigado. Para isso, conduziu-se três experimentos, dois deles em casa-de-vegetação e outro em campo. Em ambas condições, investigou-se o comportamento de nove cultivares de arroz. Para caracterizar a rapidez de estabelecimento, avaliaram-se: velocidade de emergência das sementes, estatura de planta, estágio de desenvolvimento, área folhar e massas aérea e radical aos 15 dias após a semeadura. Além disso, determinou-se a atividade da enzima α -amilase em sementes não embebidas das cultivares. Os genótipos Ligeirinho e XL 6 mostraram rápido estabelecimento; enquanto, Bluebelle e Formosa apresentaram lento estabelecimento de plântulas.

1.2. INTRODUÇÃO

A utilização de cultivares com elevada capacidade competitiva constitui-se numa ferramenta importante para o manejo cultural de plantas daninhas. Na busca competitiva por recursos limitados do meio, há vantagem para plantas que exibem estabelecimento precoce. A planta em crescimento deve apoderar-se rapidamente do espaço, representado pelos recursos, sendo seu sucesso competitivo dependente do uso antecipados desses, os quais são negados para plantas vizinhas. Cada planta pára de crescer quando seu espaço é restringido pelas concorrentes, de tal forma que os últimos indivíduos a aparecer crescem muito pouco. Assim, os vegetais mais competitivos geralmente são os primeiros a emergir, indicando que a época de emergência de uma população torna-se mais importante do que o arranjo espacial de indivíduos na determinação do potencial competitivo dessa população (Fischer & Miles, 1973).

Desta maneira, plantas que possuem emergência rápida e uniforme, conseguem competir mais eficientemente pelos recursos do meio (Diarra et al., 1985; Shurtleff & Coble, 1985; Roman et al., 1999; Ni et al., 2000). Em sorgo, a velocidade de emergência correlacionou-se positivamente com a capacidade das linhagens em competir com plantas daninhas (Guneyli et al., 1969). Neste sentido, Fischer & Miles (1973) pesquisando os processos de interferência entre vegetais, formularam o princípio teórico em que, quanto maior for a velocidade de estabelecimento de uma planta, maior é o volume aéreo e edáfico ocupado e explorado pela mesma. As plantas se estabelecem no ambiente quando passam do estado heterotrófico, condição em que são incapazes de sintetizar a energia necessária a sua sobrevivência e crescimento, para o estado autotrófico, quando

se tornam capazes de sintetizar a energia requerida para sua manutenção e crescimento através da fotossíntese (Taiz & Zeiger, 1998).

Existe três fatores que são chaves na predição das relações de interferência entre plantas daninhas e culturas: época de emergência, arranjo espacial e velocidade de crescimento das plantas (Radosevich et al., 1997). Os mesmos autores determinaram que, na ausência de outras formas negativas de interferência, além da competição, as plantas que maximizam a captura de espaço (recursos) em relação aos seus vizinhos, tornar-se-ão mais competitivas na comunidade vegetal. Assim, diferenças na época de emergência podem afetar grandemente as habilidades competitivas relativas de duas espécies. As primeiras plântulas a emergirem, provavelmente apresentarão maior produtividade, porque elas adquirem prioridade na utilização de água, luz e nutrientes; ou seja, ocupam precocemente o nicho (Firbank & Watkinson, 1985). Nicho é o termo usado para descrever a posição ocupada por uma espécie dentro da comunidade (Radosevich et al., 1997).

Plantas que utilizam os recursos do meio mais precocemente, conseguem sombrear as demais, reduzindo a quantidade e qualidade da luz incidente sobre os vizinhos (Knezevic & Horak, 1998). Além disso, dominam o substrato, diminuindo a disponibilidade de água e nutrientes para plantas que se estabelecerem posteriormente na área. Em cevada, verificou-se lenta emergência decorrente do uso de sementes danificadas, o que reduziu sua habilidade competitiva com *Sinapis arvensis* L. (mostarda) (Rasmussen & Rasmussen, 2000).

Análise de experimento através de modelo ecofisiológico demonstrou que as grandes diferenças em perda de rendimento foram atribuídas, principalmente,

às diferenças no período entre a emergência da cultura e das plantas daninhas. Como resultado, a análise do modelo mostrou que as diferenças na densidade de plantas daninhas entre os experimentos representavam 13% da variação de queda na produtividade, enquanto as diferenças no período entre a emergência da cultura e das plantas daninhas explicou 96% da variação desta variável (Kropff & Spitters, 1991; Kropff & Lotz, 1992). No mesmo sentido, Rerkasem et al. (1980) constataram haver perdas significativas de produtividade em trigo quando *Lolium multiflorum* Lam. (azevém) emergiu antes da cultura. Por outro lado, quando a erva emergiu após o trigo, não houve efeito da invasora sobre a produtividade da cultura.

Ainda em trigo, quanto mais lento é o estabelecimento de *Avena fatua* L. (aveia-silvestre) em relação à cultura, menor é a redução de massa aérea e radical do trigo (Martin & Field, 1988). A antecipação em 1 dia na emergência da aveia-silvestre ocasionou aumento de aproximadamente 2% em redução de produtividade de cevada (O' Donovan et al., 1985). Os autores caracterizaram, desta forma, a relevância da rapidez de estabelecimento da cultura na determinação da sua habilidade competitiva. Por exemplo, a emergência rápida do arroz-vermelho é fator importante para estabelecimento de suas plântulas; assim, esta infestante ocupa logo os espaços e compete mais precocemente pelos recursos do ambiente em relação às cultivares de arroz e, por isso, leva vantagem na competição (Diarra et al., 1985).

Numa análise teórica, Fischer & Miles (1973) referiram que as plantas daninhas que emergirem 1 dia mais cedo do que a cultura são aproximadamente duas vezes mais competitivas do que as plantas daninhas que emergirem simultaneamente à cultura. Devido a esse fato, plantas daninhas que conseguem

se estabelecer antes da cultura formam plantas com elevado tamanho e alta produção de sementes, aumentando o potencial de reinfestação da gleba com propágulos que estarão aptos a emergirem nos cultivos subseqüentes (Chicoye et al., 1995). Outro problema decorrente do estabelecimento tardio das culturas em relação às plantas daninhas é a necessidade de incremento da dose herbicida para o controle satisfatório das infestantes (Dieleman et al., 1996).

Diante deste contexto, evidencia-se a grande importância do rápido estabelecimento da cultura na redução de danos ocasionados pelas plantas daninhas. Práticas de manejo da cultura, como utilização de sementes de qualidade, adequado manejo do solo e da água e semeadura realizada na época e na profundidade recomendadas, aumentam sensivelmente as chances de colocar o cultivo em posição competitiva vantajosa. A adoção destas práticas, juntamente com a utilização de cultivares que mostrem rapidez de estabelecimento, constituem pontos chaves para acelerar o crescimento da cultura e privilegiar seu sucesso na competição com plantas daninhas.

A velocidade de germinação das sementes está associada à qualidade fisiológica e genética e aos fatores do ambiente. A hidrólise e mobilização das reservas contidas nas sementes influenciam na velocidade de emergência e, posteriormente, na rapidez de estabelecimento das plântulas (Bewley, 1997). O principal constituinte das sementes de arroz é o amido (mais de 90% do peso seco total). Portanto, a rapidez com que ocorre a degradação das reservas das sementes de arroz está associada à atividade da enzima α -amilase, que tem sua síntese orientada por giberelinas, notadamente ácido giberélico (Perata et al., 1997). Cultivares de arroz podem apresentar diferentes velocidades de

emergência, sendo que a atividade inicial de α -amilase pode contribuir para que ocorra essa variação.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi investigar possíveis variações na velocidade de estabelecimento de cultivares de arroz irrigado, compreendendo as fases de emergência e de crescimento inicial das plântulas.

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos, dois em casa-de-vegetação e outro em campo. Os estudos realizados em ambiente protegido foram conduzidos no Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, município de Porto Alegre, RS. Eles foram instalados em vasos com capacidade volumétrica de um litro e diâmetro de 15 cm, utilizando-se como substrato solo oriundo de lavoura orizícola, classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (Embrapa, 1999a). Esse tipo de solo apresenta grande variabilidade nas suas propriedades físico-químicas; o pH é inferior a 6, a textura e a fertilidade são médias e o teor de matéria orgânica é inferior a 2,5% (Volkweiss, 1986).

Os experimentos em casa-de-vegetação foram conduzidos nos meses de janeiro e outubro de 2001. As cultivares de arroz utilizadas foram: Bluebelle, BRS Ligeirinho, EEA 406, El Paso L 144, IAS 12-9 Formosa, IR 841, IRGA 418, IRGA 421 e XL 6. O número de sementes colocadas por vaso foi ajustado para cada cultivar de acordo com seu poder germinativo, determinado através de teste de germinação em laboratório, objetivando-se o estabelecimento de 20 plantas por vaso. A profundidade de semeadura foi uniformizada em 1,5 cm. Os vasos, com

fundo perfurado, foram mantidos dentro de bandejas plásticas, através das quais foi fornecida água para manter o solo úmido através de capilaridade. O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com seis repetições por cultivar.

A velocidade de emergência foi avaliada com base no critério agrônomo, o qual consistiu na contagem diária das plântulas emergidas por vaso até o décimo dia após a semeadura (DAS). Considerou-se plântula emergida aquela que apresentava coleóptilo com comprimento superior a 1,5 cm. Para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) foi utilizada equação sugerida por Popinigis (1977): $IVE = N_1/D_1 + N_2/D_2 + N_n/D_n$; onde: IVE = índice de velocidade de emergência; N_1 = número de plântulas emergidas no primeiro dia; N_n = número acumulado de plântulas emergidas; D_1 = primeiro dia de contagem; D_n = número de dias contados após a semeadura.

Aos 10 DAS foi realizado desbaste do excesso de plântulas nos vasos, mantendo-se as 10 mais vigorosas. No 14^o DAS, foram realizadas as seguintes determinações, utilizando-se três repetições por cultivar: área folhar, determinada em laboratório com auxílio de determinador de área folhar (modelo Area Meter 3100); estágio de desenvolvimento das plântulas, esta determinação foi realizada visualmente, utilizando-se a escala de desenvolvimento fenológico proposta por Haun (1973); estatura das plântulas de arroz, determinada através da mensuração da altura da sua parte aérea, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice das mesmas, com o limbo folhar distendido; massa seca das partes aérea e radical, determinadas separadamente, procedendo-se o arranquio das plântulas de arroz, lavando-se-as em água corrente e separando-se

as partes aérea e radical, após o que, o material foi colocado em estufa para secar à temperatura de 65°C até atingir peso constante.

Foi determinada a atividade da enzima α -amilase nas sementes que foram utilizadas nos experimentos (em casa-de-vegetação e no campo). Essa determinação foi realizada em laboratório, com auxílio de equipamento denominado 'Falling Number', utilizado usualmente em análise de cevada, que define a atividade desta enzima de maneira indireta. Para isso, retirou-se lema e páleas das sementes de arroz. O pericarpo+endosperma foram então moídos. Após, coletou-se duas amostras de 20 g de cada cultivar, as quais foram acondicionadas em tubos de vidro do aparelho, juntamente com 20 ml de água destilada. Em cada tubo colocou-se um pêndulo que, inicialmente, ficou suspenso pela amostra. Com a elevação da temperatura da amostra, o amido é hidrolizado pela α -amilase e, conseqüentemente, diminui a resistência física proporcionada pela amostra à queda do pêndulo. Portanto, quanto mais rápida for a queda do pêndulo até a base do tubo, maior será a atividade enzimática na amostra.

O experimento em campo foi conduzido durante a estação estival de crescimento 2000/2001, na Estação Experimental do Arroz (EEA), pertencente ao Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha, RS. A EEA situa-se à altitude de 7 m sobre o nível do mar, em solo classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (Embrapa, 1999a). As principais características físico-químicas do solo da área experimental foram: argila (%): 16; pH(H₂O): 4,8; índice SMP: 6,0; P (mg.L⁻¹): 17,2; K (mg.L⁻¹): 49; M.O. (%): 1,2; Al (cmol_c.L⁻¹): 0,1; Ca (cmol_c.L⁻¹): 2; Mg (cmol_c.L⁻¹): 0,5; CTC efetiva (cmol_c.L⁻¹): 2,7. O preparo do solo foi realizado através do método convencional, compreendendo operações de lavração e de

gradagem. As doses de adubo aplicadas na base foram 10 kg.ha^{-1} de N, 25 kg.ha^{-1} de P_2O_5 e 40 kg.ha^{-1} de K_2O . Essas doses de fertilizantes foram determinadas com base nos resultados da análise do solo e foram aplicadas a lanço na área experimental. Cada unidade experimental apresentou área total de 4 m^2 ($2 \times 2 \text{ m}$) e área útil de $2,56 \text{ m}^2$ ($1,6 \times 1,6 \text{ m}$).

Os tratamentos foram dispostos segundo o delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições. Foram comparadas as mesmas cultivares testadas nos ensaios de casa-de-vegetação. A semeadura foi realizada no dia 18 de novembro de 2000. A densidade de semeadura foi ajustada para cada cultivar de acordo com seu poder germinativo, determinado em laboratório, objetivando-se uma densidade de $300 \text{ plantas.m}^{-2}$.

A velocidade de emergência das cultivares foi avaliada através da contagem das plântulas emergidas (com coleóptilo acima de $1,5 \text{ cm}$) aos 6, 8, 10, 12, 14 e 16 DAS. A unidade amostrada foi $0,5 \text{ m}$ de fileira por parcela, sempre no mesmo local. Aos 16 DAS, considerou-se completada a fase de emergência. Através desses dados, calculou-se o índice de velocidade de emergência (IVE) para cada genótipo, através da equação proposta por Popinigis (1977).

Adicionalmente, aos 15 DAS foram amostradas cinco plântulas por parcela, nas quais foram realizadas as seguintes determinações: área folhar, foi determinada em laboratório com auxílio de determinador de área folhar (modelo Area Meter 3100); estágio de desenvolvimento, esta determinação foi realizada visualmente, utilizando-se a escala de desenvolvimento fenológico proposta por Haun (1973); estatura das plântulas de arroz, foi determinada através da mensuração da altura da sua parte aérea, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice das mesmas, com o limbo foliar distendido; massa seca

da parte aérea, as partes aéreas das plântulas foram colocadas em estufa a 65°C até atingir peso constante, quando foram pesadas.

Os dados coletados nos dois experimentos foram submetidos à análise de variância, através do teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Duncan. Em ambas as análises, adotou-se o nível de 5% de probabilidade. Também se realizou análise de regressão polinomial para a variável velocidade de emergência em campo. Para essa análise, utilizou-se os modelos de regressão linear, quadrático e exponencial para comparar o ajuste dos dados, selecionou-se o modelo que apresentava significância a 5% de probabilidade. Efetuou-se, também, análise de correlação linear simples entre as variáveis investigadas. A análise estatística foi realizada através do programa computacional SANEST.

1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve variação acentuada na velocidade de emergência entre as cultivares de arroz em condição de campo (Figura 1.1). Os genótipos XL 6 (ciclo precoce) e Ligeirinho (super-precoce) apresentaram rápida emergência de sementes, atingindo cerca de 90% de emergência aos 12 DAS (Figura 1.1). As cultivares El Paso, IR 841, IRGA 418, IRGA 421 e Formosa, por outro lado, apresentaram incremento linear na emergência no decorrer do período considerado. Através do teste 't', comparou-se os coeficientes angulares e as intersecções para essas cultivares, os quais não diferiram significativamente entre si; por isso, a velocidade de emergência dessas cultivares pode ser expressa como uma única reta. Até 10 DAS, Bluebelle mostrou lenta emergência, cerca de 23%; após, tendeu a acelerar o processo, alcançando 90% de emergência aos 14 DAS

(Figura 1.1). As maiores diferenças entre os genótipos para essa característica, tenderam a ocorrer ao redor do décimo DAS.

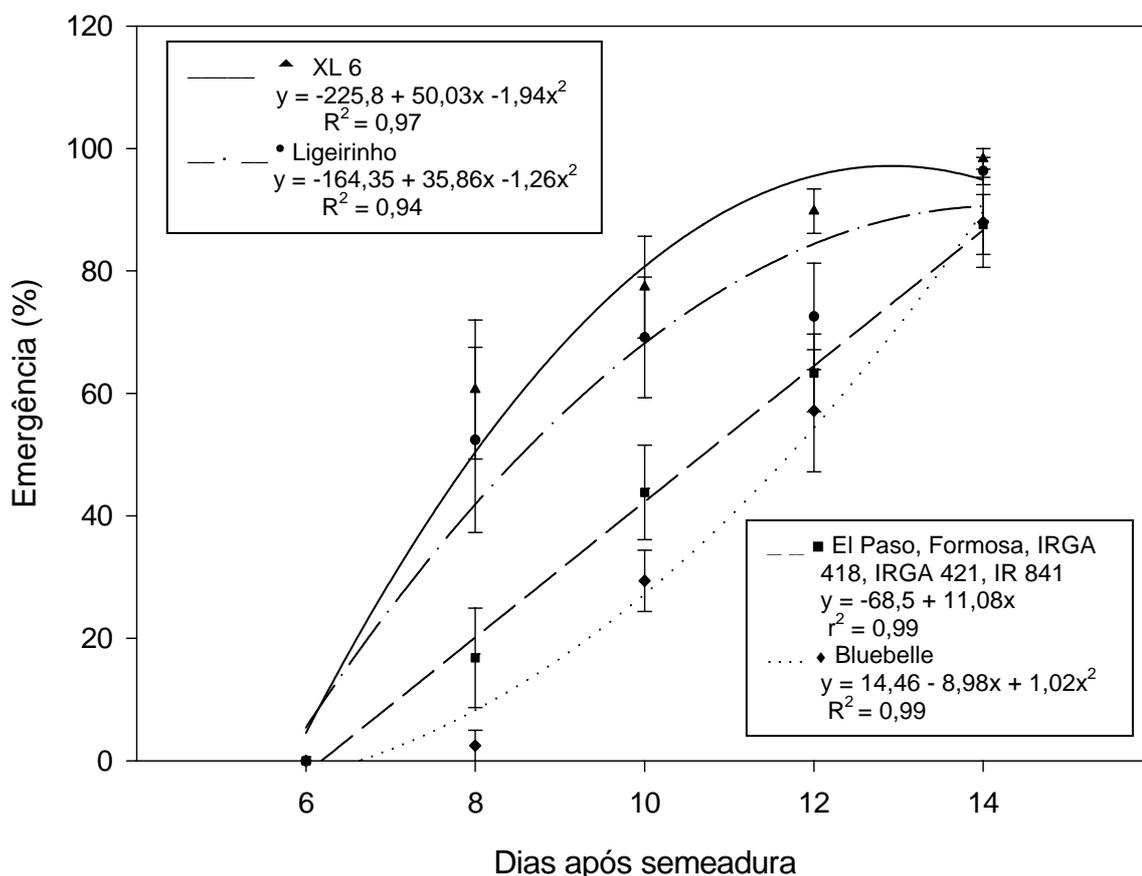


Figura 1.1. Evolução da emergência de sementes de cultivares de arroz no campo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

Quanto à análise de índice de velocidade de emergência (IVE), verifica-se que El Paso e Ligeirinho mostraram rápida emergência tanto em casa-de-vegetação como no campo (Tabela 1.1). Por sua vez, a cultivar híbrida XL 6 obteve elevado IVE em campo e em um dos experimentos de casa-de-vegetação. Presume-se que as condições de ambiente predominantes no campo foram mais adversas ao processo germinativo das sementes, comparativamente à sementeira em vasos, principalmente devido à maior profundidade de sementeira

empregada no campo, disponibilidade hídrica mais restrita e temperaturas do ar e do solo geralmente inferiores àsquelas observadas no ambiente protegido. Por exemplo, o aumento da profundidade de semeadura incrementou significativamente o tempo requerido para germinação de sementes de 20 espécies daninhas (Benvenuti et al., 2001). Portanto, em situação de campo, a cultivar híbrida XL 6 destacou-se pela capacidade de emergir rapidamente, mesmo em condições menos favoráveis, destacando-se dos demais genótipos. Em geral, considera-se que as plântulas que conseguem emergir rapidamente em condições adversas originam-se das sementes mais vigorosas (Vieira & Carvalho, 1994).

Tabela 1.1. Índices de velocidade de emergência e atividade inicial de α -amilase de sementes de cultivares de arroz, UFRGS, Porto Alegre-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	Índices de velocidade de emergência ¹			Atividade de α -amilase ²
	Casa-de-vegetação		Campo	
	Experimento 1	Experimento 2		
IRGA 421	14,95 b ³	11,53 b	2,51 de	5863 c
BRS Ligeirinho	16,67 a	13,58 a	5,68 ab	2185 b
IRGA 418	15,00 b	11,09 bc	3,89 cd	5509 c
XL 6	13,40 bc	13,08 a	6,50 a	1012 a
El Paso L 144	16,92 a	13,05 a	5,28 abc	2652 b
Bluebelle	13,91 bc	11,18 bc	2,32 de	587 a
IAS 12-9 Formosa	-	9,42 d	2,06 e	422 a
IR 841	14,43 b	10,37 cd	4,47 bc	516 a
EEA 406	13,11 c	11,78 b	-	-
Médias	13,99	11,68	4,10	2126
C.V. (%)	8,90	7,58	27,12	22,5

¹ Calculado por equação proposta por Popinigis (1977).

² Obtida através da utilização de 'Falling Number', medida em segundos.

³ Médias seguidas de letras distintas, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Em geral, as cultivares Formosa e Bluebelle demonstraram lenta emergência em casa-de-vegetação; em campo, além dessas duas cultivares IRGA 421 também mostrou reduzida velocidade de emergência das plântulas

(Tabela 1.1). As cultivares IRGA 418 e IR 841, tanto em campo como em casa-de-vegetação tenderam à posição próxima ou abaixo da média geral das cultivares. Também EEA 406 posicionou-se próximo à média. É razoável supor que as cultivares que demonstram lenta emergência apresentarão menor habilidade em competir com infestantes desde o início do ciclo. A rapidez de emergência correlaciona-se positivamente com o espaço ocupado e explorado pelos vegetais; por sua vez, este determina a quantidade de recursos disponíveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Fischer & Miles, 1973). Uma comprovação dessa teoria foi observada por O'Donovan et al. (2000), em que cultivares de cevada com maior velocidade de emergência conseguiram competir vantajosamente com *Avena fatua*. Adicionalmente, Weaver et al. (1992) relataram que plantas de tomate provenientes de mudas foram mais competitivas com plantas daninhas em relação às plantas originadas de sementes, as quais se estabeleceram lentamente no ambiente.

A degradação do amido a compostos facilmente oxidados pelo processo respiratório é dependente da atividade da enzima α -amilase (Kigel & Galili, 1995). Desta forma, poderia existir variação na atividade desta enzima em sementes de diferentes cultivares de arroz antes do início da embebição do endosperma. Constatou-se existir variação na atividade desta enzima entre as cultivares investigadas (Tabela 1.1). Os genótipos IR 841, Bluebelle, XL 6 e EEA 406 apresentaram as maiores atividades de α -amilase antes da embebição das sementes. Contrariamente, as sementes das cultivares IRGA 421 e IRGA 418 mostraram baixa atividade inicial dessa enzima. Contudo, não se constatou correlação entre velocidade de emergência e atividade inicial de α -amilase. Assim, provavelmente, a rapidez de emergência das sementes de arroz seja

determinada apenas pela capacidade de síntese dessa enzima após iniciada a entrada de água no endosperma. As diferenças de atividade da α -amilase observadas entre os diferentes genótipos também podem estar associadas à qualidade fisiológica das sementes, o que pode gerar algum questionamento sobre as variações observadas na atividade desta enzima entre os genótipos estudados.

Além da velocidade de emergência, também se analisou variáveis de crescimento até 14 DAS em casa-de-vegetação, e até 15 DAS no campo (Tabelas 1.2, 1.3 e 1.4). Em casa-de-vegetação, Ligeirinho, IRGA 418 e EEA 406 destacaram-se por apresentar maior estatura de planta aos 14 DAS (Tabelas 1.2 e 1.3); enquanto no campo, XL 6, em acréscimo àquelas, também mostrou maior crescimento em estatura (Tabela 1.4). Contrariamente, Formosa, Bluebelle e IR 841 geralmente apresentaram as menores estaturas quando se analisam os resultados de campo e casa-de-vegetação. O genótipo IRGA 421 posicionou-se próximo à média em ambas condições. Não houve correlação entre velocidade de emergência e estatura de planta para o período avaliado. Segundo Ogg Jr. & Seefeldt (1999), o rápido crescimento da planta em estatura permite que ela utilize o recurso luz com maior intensidade, podendo sombrear as plantas daninhas já no início do ciclo. Por isso, plantas com incremento precoce em estatura, geralmente levam vantagem competitiva sobre as concorrentes, posteriormente.

Paralelamente à estatura de planta, o acúmulo de área folhar também possui influência relevante sobre a capacidade das plantas em sombrear seus vizinhos. Em casa-de-vegetação, Ligeirinho e XL 6 destacaram-se em ambos os ensaios pelo acúmulo precoce de área folhar (Tabelas 1.2 e 1.3). Em adição, no

Ensaio 1, também IR 841 e IRGA 418 mostraram posição de destaque para essa variável. No experimento em campo, houve menor diferenciação entre genótipos quanto a essa variável (Tabela 1.4).

Tabela 1.2. Características de plantas de cultivares de arroz avaliadas em casa-de-vegetação no Ensaio 1, aos 14 dias após semeadura, UFRGS, Porto Alegre-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	Estatura de planta (cm)	Área folhar (cm ² .planta ⁻¹)	Estádio de desenvolvimento	Massa aérea (mg.planta ⁻¹)	Massa radical (mg.planta ⁻¹)
IRGA 421	15,33 bc	2,75 bcd	2,98 a	26,8 a	24,5 bc
BRS Ligeirinho	17,73 a	3,90 a	2,76 ab	26,4 a	33,8 a
IRGA 418	17,87 a ¹	3,05 ab	2,81 ab	28,6 a	32,3 a
XL 6	14,13 c	2,98 abc	2,28 de	24,7 a	22,1 cd
El Paso L 144	15,03 bc	2,61 cd	2,94 a	26,1 a	29,5 ab
Bluebelle	14,03 c	1,83 e	2,14 e	18,7 b	17,9 d
IR 841	12,13 d	3,13 ab	2,60 bc	25,5 a	24,5 bc
EEA 406	16,50 ab	2,37 d	2,45 cd	29,9 a	24,7 bc
Médias	15,34	2,75	2,62	25,8	26,2
C.V. (%)	5,58	7,58	5,07	11,5	12,3

¹ Médias seguidas de letras distintas, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 1.3. Características de plantas de cultivares de arroz avaliadas em casa-de-vegetação no Ensaio 2, aos 14 dias após semeadura, UFRGS, Porto Alegre-RS, 2001

Cultivares de arroz	Estatura de planta (cm)	Área folhar (cm ² .planta ⁻¹)	Estádio de desenvolvimento	Massa aérea (mg.planta ⁻¹)	Massa radical (mg.planta ⁻¹)
IRGA 421	15,42 d	1,35 cd	2,41 b	16,6 cd	16,6 b
BRS Ligeirinho	20,12 a	1,80 ab	2,14 c	18,5 ab	16,9 b
IRGA 418	17,91 c	0,84 e	2,11 c	15,9 d	16,8 b
XL 6	19,11 b	1,91 a	2,03 d	19,5 a	17,9 b
El Paso L 144	17,80 c	1,60 bc	2,40 b	19,5 a	18,1 b
Bluebelle	14,65 e	1,19 d	2,01 d	13,1 e	13,7 c
IR 841	15,85 d	1,64 b	2,00 d	17,7 bc	21,1 a
IAS 12-9 Formosa	12,38 f	0,49 f	2,52 a	11,5 f	14,3 c
EEA 406	19,66 ab	1,14 d	2,03 d	17,8 bc	18,9 b
Médias	16,99	1,33	2,18	16,7	17,1
C.V. (%)	3,83	16,30	2,72	6,91	10,23

¹ Médias seguidas de letras distintas, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os genótipos Bluebelle e EEA 406, em ambos os ensaios, e IRGA 418 e Formosa, no Ensaio 2, apresentaram as menores áreas folhares na ocasião da avaliação. Já, no ensaio em campo, as cultivares Formosa e Bluebelle tiveram

posições inferiores às demais. O genótipo IR 841, embora apresentasse área folhar elevada em ambas as condições, apresentou reduzida estatura de planta (Tabelas 1.2, 1.3 e 1.4). Isso indica que esta cultivar possui capacidade de acumular elevada superfície de folhas em dossel proporcionalmente baixo. Não houve associação entre estatura de planta e área folhar nos experimentos em casa-de-vegetação. Contudo, no experimento em campo, constatou-se correlação entre velocidade de emergência e área folhar ($r=0,58$) e entre estatura de planta e área folhar ($r=0,63$).

Tabela 1.4. Características de plantas de cultivares de arroz, avaliadas no campo aos 15 dias após semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	Estatura de planta (cm)	Área folhar ($\text{cm}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$)	Estádio de desenvolvimento	Massa aérea ($\text{mg} \cdot \text{planta}^{-1}$)
IRGA 421	11,80 cd	3,25 a	2,74 a	21,93 a
BRS Ligeirinho	14,05 ab	3,97 a	2,64 a	22,42 a
IRGA 418	13,50 ab	3,28 a	2,74 a	22,81 a
XL 6	14,57 a ¹	3,32 a	2,33 b	26,75 a
El Paso L 144	12,85 bc	3,70 a	2,71 a	24,06 a
Bluebelle	10,00 e	2,07 b	2,01 c	13,55 b
IAS 12-9 Formosa	7,88 f	0,98 c	2,32 b	9,06 c
IR 841	10,86 de	3,67 a	2,42 b	23,10 a
Médias	11,94	3,03	2,49	20,46
C.V. (%)	9,6	22,5	7,91	21,4

¹Médias seguidas de letras distintas, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A área folhar da planta depende do tamanho e do número de folhas. Assim, a evolução do estágio de desenvolvimento das plantas constitui-se em característica relevante na determinação da precocidade de estabelecimento dos indivíduos. Neste sentido, em casa-de-vegetação, as cultivares Formosa, IRGA 421 e El Paso ocuparam as primeiras posições quanto à precocidade de desenvolvimento (Tabelas 1.2 e 1.3). Já, em campo, observou-se que as cultivares IRGA 421, El Paso, IRGA 418 e Ligeirinho mostraram rápida emissão de folhas no período analisado (Tabela 1.4). Em sentido oposto, nos ensaios as cultivares Bluebelle, XL 6 e EEA 406 apresentaram consistente atraso na

evolução fenológica, acrescida de IR 841 no Ensaio 2 (Tabelas 1.2 e 1.3). Em campo, ocorreu atraso no desenvolvimento das cultivares Bluebelle, especialmente, e também XL 6, Formosa e IR 841 (Tabela 1.4). Na pesquisa em campo, verificou-se associação entre estágio de desenvolvimento e velocidade de emergência ($r=0,78$) e entre estágio e área folhar ($r=0,76$).

Em relação à massa aérea, em ambas as condições experimentais, verificou-se que Formosa e Bluebelle acumularam menor quantidade de massa no período considerado (Tabelas 1.2, 1.3 e 1.4). Em oposto, XL 6, El Paso e Ligeirinho destacaram-se positivamente pelos acúmulos de massa aérea em ambos os experimentos realizados em casa-de-vegetação (Tabelas 1.2 e 1.3), resultado que foi confirmado em campo (Tabela 1.4). As cultivares IRGA 421, IRGA 418 e IR 841 também se destacaram nessa variável, tanto em campo como no Ensaio 1. Em campo, constatou-se haver correlação entre massa aérea acumulada e velocidade de emergência ($r=0,67$), estatura de planta ($r=0,61$), área folhar ($r=0,87$) e estágio de desenvolvimento ($r=0,79$).

Nos ensaios também se determinou a massa acumulada pelas raízes das plantas de arroz (Tabelas 1.2 e 1.3). Os genótipos Ligeirinho, IRGA 418 e El Paso, no Ensaio 1, e IR 841, no Ensaio 2, destacaram-se por apresentar elevado acúmulo de massa radical até os 14 DAS (Tabelas 1.2 e 1.3), demonstrando que essas cultivares apresentam potencial elevado em explorar o ambiente edáfico precocemente. Por outro lado, Bluebelle em ambos os ensaios, e XL 6 e Formosa, em um deles, formaram as menores massas radicais durante o período considerado. A cultivar híbrida XL 6 apresentou, consistentemente nos dois ensaios, a menor relação parte aérea/raízes. O padrão de alocação de massa seca entre os órgãos da planta pode constituir-se em fator mais importante do que

a quantidade total de massa acumulada, em relação aos mecanismos de tolerância das culturas às plantas daninhas (Ngouajio et al., 2001).

Nos dois ensaios, constatou-se correlação significativa entre massa aérea e massa radical acumuladas até os 14 DAS ($r = 0,66$ e $r=0,68$). Isso mostra que as plantas de arroz apresentam crescimento alométrico. Verificou-se, igualmente, associação entre massa radical e estatura de planta ($r = 0,63$), estágio de desenvolvimento ($r = 0,67$) e área folhar ($r = 0,66$), o que demonstra a importância de um sistema radical desenvolvido precocemente.

A elevada velocidade de crescimento do sistema radical é uma característica importante na definição do potencial competitivo das espécies ou cultivares. Assim, plantas de soja foram consideradas mais competitivas do que *Xanthium pensylvanicum* Wallr. (carrapichão), *Ambrosia artemisiifolia* L. (losna-do-campo), *Cassia obtusifolia* L. (fedegoso) e *Amaranthus retroflexus* L. (caruru-gigante) devido à alta taxa de acúmulo de massa radical desde o início do seu ciclo (Shurtleff & Coble, 1985). De acordo com Bingham (1995), pode iniciar-se competição sub-superficial antes de ocorrer competição por luz. Deste modo, trigo demonstrou maior capacidade em utilizar recursos edáficos, em relação à *Avena fatua*, por apresentar maior velocidade de crescimento radical.

Na condição de casa-de-vegetação, a cultivar híbrida XL 6 acumulou maior quantidade de massa na parte aérea, indicando que esse genótipo mostra baixo investimento de compostos fotoassimilados na formação do sistema radical no início do ciclo, o que pode indicar que ele compete mais agressivamente pelo recurso luz desde o início do estabelecimento das plantas no campo (Tabelas 1.2 e 1.3). Segundo Castro & Garcia (1996), em lavoura de arroz irrigado a competição ocorre de maneira mais acentuada pelo recurso radiação solar. No

entanto, em situação de elevada densidade de plantas e baixa disponibilidade de nutrientes no solo, notadamente nitrogênio, as relações de competição intra e interespecíficas podem modificar e acentuar-se bastante.

O estabelecimento precoce de plântulas de arroz em lavouras é alcançado por rápida emergência e acelerado crescimento inicial de plântulas. Essas características, por sua vez, são dependentes de fatores genéticos das cultivares utilizadas, qualidade fisiológica das sementes e fatores ligados ao ambiente, principalmente temperaturas do ar e do solo e disponibilidade hídrica para germinação das sementes.

1.5. CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir:

- Cultivares de arroz irrigado apresentam variações nas velocidades de emergência e de crescimento inicial das plântulas.
- O rápido crescimento inicial de plântulas de arroz está associado à velocidade de emergência das sementes.
- O rápido estabelecimento das cultivares de arroz é dependente da velocidade de crescimento em estatura, acúmulo de massa e área folhar e evolução fenológica das plântulas até 15 dias após a semeadura.
- As cultivares de arroz Ligeirinho e XL 6 apresentam rápido estabelecimento de plântulas, enquanto Bluebelle e Formosa mostram lento estabelecimento.

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS DE PLANTA E DE CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO RELACIONADAS À HABILIDADE COMPETITIVA COM PLANTAS CONCORRENTES

2.1. RESUMO

Plantas que apresentam rápido crescimento tendem a ocupar precocemente o nicho, dessa forma ocupando o espaço disponível de suas vizinhas. Assim, esses vegetais adquirem prioridade na utilização dos recursos do meio e, por isso, levam vantagem na competição. O objetivo desse trabalho foi avaliar variações em velocidade de crescimento em cultivares de arroz irrigado, cultivado em monocultura ou sob competição. Para isso, conduziu-se um experimento em campo na estação de crescimento 2000/2001, em Cachoeirinha, RS. Investigou-se o comportamento de oito cultivares de arroz, cultivadas em presença e ausência de plantas de arroz da cultivar EEA 406, simulando infestação de arroz- vermelho, na densidade média de 30 plantas.m⁻². As práticas de manejo adotadas foram aquelas usualmente recomendadas para a cultura. Entre os 15 e 60 dias após a semeadura (DAS), avaliou-se a evolução de área folhar, estágio de desenvolvimento do colmo principal, estatura e massa aérea das plantas de arroz. Com esses dados, calcularam-se razão de área folhar

(RAF), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) das cultivares. Aos 45 e 60 DAS avaliou-se visualmente a cobertura do solo proporcionada pela cultura e, aos 70 DAS, mediu-se a penetração de luz no dossel do arroz cultivado na ausência da simuladora. As cultivares Ligeirinho e XL 6 apresentaram elevadas velocidades de ganho em área folhar, estatura e massa aérea; com isso, alcançaram as maiores coberturas do solo, juntamente com a cultivar IR 841. Por outro lado, as cultivares Bluebelle e Formosa mostraram lento crescimento absoluto no período avaliado, mas, em geral, apresentaram as maiores TCR e TAL.

2.2. INTRODUÇÃO

Crescimento vegetal refere-se ao aumento irreversível do volume ocupado pela planta, o qual depende da taxa de divisão e de alongação celular (Taiz & Zeiger, 1998). A velocidade de crescimento inicial da planta está diretamente ligada ao aproveitamento da radiação solar no início do seu ciclo, pois neste sub-período de desenvolvimento ocorre menor absorção da radiação pela comunidade vegetal (Almeida et al., 1998). Em uma análise teórica, Fischer & Miles (1973) estabeleceram que o aumento de 50% na taxa de crescimento radial faz dobrar a habilidade competitiva da planta. Segundo teoria proposta por Grime, citado por Radosevich et al. (1997), uma planta competitiva é aquela que possui elevada velocidade de utilização dos recursos do meio, reduzindo a disponibilidade para os seus vizinhos. Assim, uma planta competitiva apresenta elevada taxa de crescimento relativo (TCR). Por outro lado, teoria estabelecida por Tilman, citado por Radosevich et al. (1997), postula que plantas competidoras são aquelas que

necessitam de poucos recursos e, portanto, conseguem sobreviver em ambientes desfavoráveis; ou seja, com baixo aporte de água, nutrientes e/ou luz.

Existe diversas variáveis que podem ser utilizadas para caracterizar o crescimento de uma planta. O acompanhamento do incremento em área folhar, número de ramos, número de folhas, estatura, volume ocupado e massa acumulada podem fornecer subsídios para se determinar tamanho, produtividade e capacidade fotossintética dos vegetais. Essas características, por sua vez, influenciam diretamente na capacidade competitiva das plantas com seus vizinhos (Radosevich et al., 1997).

Há considerável variabilidade genética, tanto em termos de velocidade de crescimento da parte aérea quanto radical, que pode ser utilizada na seleção de cultivares mais competitivas com espécies plantas daninhas (Altieri & Liebman, 1988). O rápido crescimento inicial é uma característica importante na determinação do potencial de supressão de uma cultura sobre plantas daninhas (Grundy et al., 1999). A redução induzida no vigor de plântulas de cevada, por exemplo, proporcionou aumento da massa das plantas daninhas em até 210%, elevando a produção de propágulos das plantas daninhas, prováveis de emergirem nos próximos cultivos (Rasmussen & Rasmussen, 2000). Desta maneira, evidencia-se ser possível utilizar o manejo para se obter maior vigor de plantas cultivadas.

Características como acúmulo de massa total e de área folhar mostram-se mais importantes na definição das interações de competição entre arroz e *Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf (braquiária-do-morro), comparativamente à estatura e ao afilamento da cultura (Fischer et al., 1995). Espécies daninhas, como *Xanthium strumarium* L. (carrapicho) e *Ipomoea purpurea* L. Roth (corriola),

geralmente levam vantagem na competição com soja devido à maior velocidade de crescimento das partes aérea e radical (Monks et al., 1988).

O genótipo IG10 da espécie *Oryza glaberrima* L. foi mais competitivo com *Ageratum conyzoides* L. (mentrasto) e *Digitaria horizontalis* Willd. (milhã) em relação aos genótipos de *Oryza sativa* L. Isto foi atribuído, principalmente, à rápida taxa de crescimento relativo (TCR) observada na espécie *O. glaberrima*, que também apresentou elevada razão de área folhar (RAF) (Johnson et al., 1997; Johnson et al., 1998). Neste sentido, Johnson et al. (1998) sugerem a utilização de híbridos obtidos do cruzamento entre as espécies *O. sativa* x *O. glaberrima* para elevar a capacidade competitiva do arroz com plantas daninhas. Paralelamente, Khush (1995) sugere a exploração de híbridos para incrementar o potencial produtivo do arroz em regiões de clima tropical.

A elevada velocidade de crescimento do sistema radical é uma característica importante na definição do potencial competitivo das espécies. Assim, plantas de soja foram mais competitivas do que as de *Xanthium pensylvanicum* Wallr. (carrapicho), *Ambrosia artemisiifolia* L. (losna-do-campo), *Cassia obtusifolia* L. (fedegoso) e *Amaranthus retroflexus* L. (caruru-gigante) devido à elevada taxa de acúmulo de massa no sistema radical e à alta relação raízes: parte aérea. Desta forma, a cultura levou vantagem na absorção de nutrientes e água, recursos que são essenciais para os processos fisiológicos das plantas (Shurtleff & Coble, 1985). No caso do arroz irrigado, a competição pelos recursos água e nutrientes geralmente é pouco expressiva (Menezes et al., 1995). Portanto, características de planta que confirmam elevada interceptação de luz favorecem o seu sucesso competitivo. Neste aspecto, foi verificado que cultivares de cevada apresentaram, em média, 43% menos penetração de luz no dossel em

relação a genótipos de trigo, durante todo o ciclo das culturas. Nesta pesquisa, o trigo permitiu o dobro da produção de massa por *Avena fatua* L. (aveia-silvestre) em relação à cevada (Lanning et al., 1997). Em arroz, o genótipo M-201 interceptou cinco vezes mais radiação, comparativamente ao genótipo A-301, suprimindo com maior intensidade o crescimento de *Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritch. e *E. phyllopogon* (Stapt.) Koss (Gibson et al., 2001). Na presença do genótipo M-201, as plantas daninhas produziram baixa quantidade de diásporos, além de serem controladas de maneira satisfatória com dose herbicida reduzida.

A interceptação de luz pelo dossel é dependente, além da densidade e do arranjo das plantas, de um conjunto de características morfológicas dos vegetais, como: capacidade de afilamento, estatura de planta, número de folhas formadas, área folhar, distribuição das folhas, ângulo folhar, decumbência do limbo das folhas e produção de massa aérea (Blackshaw, 1994; Seavers & Wright, 1999). Cultivares de trigo que possuíam maior estatura, conseguiram sombrear as plantas daninhas, levando vantagem na competição (Wicks et al., 1986; Blackshaw, 1994). A cultivar de trigo Avalon obteve rendimento de grãos três vezes superior ao alcançado pela cultivar Spark, em situação de competição com *Galium aparine* L., porque possuía rápida cobertura do solo, reduzindo a quantidade e a qualidade da luz disponível às plantas daninhas (Seavers & Wright, 1999). Avalon interceptou mais luz, principalmente porque apresentava rápida evolução de área folhar. Além disso, suas folhas possuíam ângulo reduzido em relação ao solo e elevada decumbência, o que favoreceu a cobertura da área e o sombreamento das plantas daninhas.

Cultivares que apresentam alto investimento em folhas, ou seja, elevada razão de área folhar (RAF), possuem maior potencial de cobertura do solo. A RAF

correlaciona-se positivamente com a taxa de crescimento relativa (TCR) e também com a taxa de assimilação líquida (TAL) (Seibert & Pearce, 1993). Por sua vez, Horak & Loughim (2000) também observaram associação entre TCR e TAL. A RAF é uma variável morfológica que expressa quanto da massa total é alocada para as folhas da planta. A TCR refere-se ao acúmulo de massa num determinado intervalo de tempo, por unidade de massa pré-existente. Já, a TAL representa o acúmulo de massa, também num intervalo de tempo, por unidade de área folhar pré-existente, assumindo, portanto, caráter fisiológico. Um dos fatores que podem influenciar a TAL é o conteúdo de clorofila nas folhas. Sob dois níveis de adubação nitrogenada, o teor de clorofila foi superior em genótipos modernos de trigo, em comparação com cultivares antigas (Sinha et al., 1981).

Cabe salientar, adicionalmente, que o comportamento competitivo das cultivares é dependente das condições do ambiente. Em anos em que as temperaturas mantiveram-se elevadas, não houve diferença na habilidade competitiva entre cultivares de feijão (Urwin et al., 1996). Contudo, em anos quando as temperaturas foram baixas, verificou-se diferenças acentuadas na capacidade competitiva dos genótipos do feijoeiro frente às plantas daninhas. Nesse caso, as cultivares mais adaptadas ao ambiente frio apresentaram reduzida queda de crescimento frente às baixas temperaturas e, por isso, ocuparam o nicho das plantas daninhas.

A hipótese dessa pesquisa é que há variação na velocidade de crescimento e em características de planta em cultivares de arroz irrigado, e que essa variabilidade pode ser utilizada para posicionar a cultura em situação competitiva vantajosa. Diante do contexto exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar variações em características de planta e na velocidade de

crescimento de genótipos de arroz irrigado, cultivados na presença ou ausência de interferência de plantas concorrentes.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação estival de crescimento de 2000/2001, na Estação Experimental do Arroz (EEA), pertencente ao Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA) em Cachoeirinha, RS. A EEA situa-se à altitude de 7 m sobre o nível do mar, em solo classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (Embrapa, 1999a). As principais características físico-químicas do solo da área experimental foram: argila (%): 16; pH(H₂O): 4,8; índice SMP: 6,0; P (mg.L⁻¹): 17,2; K (mg.L⁻¹): 49; M.O. (%): 1,2; Al (cmol_c.L⁻¹): 0,1; Ca (cmol_c.L⁻¹): 2; Mg (cmol_c.L⁻¹): 0,5; CTC efetiva (cmol_c.L⁻¹): 2,7. O preparo do solo foi realizado através do método convencional, compreendendo operações de lavração e de gradagem. As doses de adubo aplicadas na base foram 10 kg.ha⁻¹ de N, 25 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg.ha⁻¹ de K₂O e, em cobertura, aplicou-se 80 kg.ha⁻¹ de N. Essas doses de fertilizante foram determinadas com base nos resultados da análise do solo.

Os tratamentos testados foram dispostos segundo o delineamento experimental completamente casualizado, em fatorial (8 x 2), com quatro repetições. Cada unidade experimental apresentou área total de 4 m² (2 x 2 m) e área útil de 2,56 m² (1,6 x 1,6 m). Avaliou-se como um dos fatores oito cultivares de arroz: Bluebelle, BRS Ligeirinho, El Paso L 144, IAS 12-9 Formosa, IR 841, IRGA 418, IRGA 421 e XL 6. Essas cultivares foram escolhidas por apresentarem características morfofisiológicas distintas, como: velocidades de emergência e de crescimento inicial, avaliadas previamente em bioensaios; ciclo e estatura de planta. Na Tabela 2.1 são apresentadas algumas características das cultivares

utilizadas no experimento. Os genótipos foram submetidos a duas situações de competição, ausência e presença de simuladora de infestação de arroz-vermelho, no caso a cultivar de arroz EEA 406, presente na densidade média de 30 plantas.m⁻².

Tabela 2.1. Características das cultivares de arroz irrigado utilizadas no experimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares	Ciclo	Estatura	Afilhamento	Origem ¹
IRGA 421	super-precoce	baixa	alto	IRGA
BRS Ligeirinho	super-precoce	baixa	médio-alto	EMBRAPA/Pelotas
IRGA 418	precoce	baixa	alto	IRGA
XL 6	precoce	baixa	médio	Ricetec
El Paso L 144	precoce	baixa	alto	IRGA
Bluebelle	precoce	média	baixo	IRGA
IAS 12-9 Formosa	médio	média	baixo	IRGA
IR 841	tardio	baixa	alto	EPAGRI/Itajaí
EEA 406	médio	alta	baixo	Produtor

¹ Procedência das sementes utilizadas no experimento.

A densidade de semeadura foi ajustada para cada cultivar com base no poder germinativo das sementes, obtido em laboratório, almejando-se estabelecer densidade de 300 plantas.m⁻². Contudo, a densidade real de plantas alcançada foi de 270 plantas.m⁻², aproximadamente. Já, a cultivar tradicional de arroz EEA 406 apresenta características morfológicas muito semelhantes às do arroz-vermelho. Com a utilização dessa simuladora, alcançou-se controle efetivo da densidade, época de emergência e arranjo de plantas na área, possibilitando atingir-se maior controle do erro experimental. Em estudo sobre habilidade competitiva de genótipos de arroz em situação de sequeiro, utilizaram-se plantas de *Oryza glaberrima* L., milho, feijão-caupi e outras cultivares de arroz para simular a presença de plantas daninhas (Johnson et al., 1999).

A semeadura foi realizada no dia 18 de novembro de 2000. A simuladora do arroz-vermelho foi semeada em linhas perpendiculares às das cultivares testadas, ambas no espaçamento de 20 cm entrelinhas. Também Hucl (1997) utilizou a semeadura de sementes de plantas daninhas em linhas perpendiculares às do trigo. As plantas daninhas daninhas, presentes espontaneamente na área, foram controladas através da aplicação da mistura em tanque dos herbicidas propanil (2850 g.ha^{-1}), triclopyr (300 g.ha^{-1}) e quinclorac (200 g.ha^{-1}). Aos 25 dias após a semeadura (DAS) iniciou-se a irrigação da área por inundação, a qual permaneceu no experimento até a colheita das cultivares. As demais práticas de manejo empregadas no experimento foram fundamentadas nas recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (Embrapa, 1999b).

Para se determinar a velocidade de crescimento das cultivares, nas duas situações de infestação, foram avaliadas as variáveis: área folhar, estágio de desenvolvimento do colmo principal, estatura de planta e massa seca da parte aérea aos 15, 30, 45 e 60 DAS. Para realização dessas determinações, coletou-se cinco plantas em cada unidade experimental por época avaliada.

A área folhar foi medida com auxílio de um determinador de área folhar (modelo Area Meter 3100). O estágio de desenvolvimento das plantas foi avaliado visualmente, utilizando-se a escala de desenvolvimento proposta por Haun (1973). A estatura das plantas de arroz foi determinada através da mensuração da altura da sua parte aérea, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice das mesmas, com o limbo folhar distendido. Já, a massa seca da parte aérea foi avaliada através da pesagem das plantas, após as mesmas serem secas em estufa a 65°C , até atingirem peso constante.

Através dos dados coletados, calculou-se as variáveis:

- razão de área folhar (RAF): utilizou-se a equação proposta por Radosevich et al. (1997): $RAF=A/M$. Onde: RAF= razão de área folhar ($\text{cm}^2.\text{mg}^{-1}$), A= área folhar ($\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$), e, M= massa da planta ($\text{mg}.\text{planta}^{-1}$);
- taxa de crescimento relativo (TCR): foi calculada pela equação proposta por Radosevich et al. (1997): $TCR=(1/M_i).(dM/dt)$; onde: TCR= taxa de crescimento relativo ($\text{mg}.\text{dia}^{-1}.\text{mg}^{-1}$), M_i = massa inicial ($\text{mg}.\text{planta}^{-1}$), dM= incremento de massa no intervalo de tempo considerado ($\text{mg}.\text{planta}^{-1}$), e, dt= intervalo de tempo adotado (dias);
- taxa de assimilação líquida (TAL): foi calculada por equação sugerida por Radosevich et al. (1997): $TAL=(1/A_i).(dM/dt)$; onde: TAL= taxa de assimilação líquida ($\text{mg}.\text{dia}^{-1}.\text{cm}^{-2}$), A_i = área folhar inicial ($\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$), dM= incremento de massa no intervalo de tempo considerado ($\text{mg}.\text{planta}^{-1}$), e, dt= intervalo de tempo adotado (dias).

As variáveis, TCR e TAL podem estar relacionadas à taxa fotossintética e ao conteúdo de clorofila nas folhas. Por isso, aos 50 DAS determinou-se o teor de clorofila no limbo da última folha expandida em cinco plantas de arroz por unidade experimental. Para essa determinação foi utilizado um clorofilômetro, modelo SPAD.

Nos tratamentos livres de plantas da simuladora, foi determinada a cobertura do solo proporcionada pelas plantas de arroz aos 45 e 60 DAS. Essa avaliação foi realizada visualmente por duas pessoas, os dados foram combinados e expressos percentualmente. Aos 70 DAS, determinou-se a penetração de luz no dossel do arroz. Para essa verificação, foi utilizado um determinador de área folhar, modelo Licor LAI2000, com sensor Licor LI-190SA. Mediu-se a radiação acima da comunidade de plantas e, simultaneamente,

próximo à superfície do solo. Com esses dados, calculou-se a porcentagem da radiação que penetrou no dossel da cultura. As leituras foram obtidas ao redor do meio-dia, quando o ângulo solar era próximo de 90° , perpendicularmente à superfície do solo.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, através do teste F, e as médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Duncan. Em ambas as análises, adotou-se o nível de 5% de probabilidade. Também se realizaram análises de correlação linear simples entre as variáveis e de regressão polinomial para incremento de área folhar, estágio de desenvolvimento do colmo principal, estatura de planta e massa da parte aérea das plantas de arroz. Para essa análise, utilizou-se os modelos de regressão linear, quadrático e exponencial para ajustar os dados. A análise estatística foi realizada através do programa computacional SANEST.

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento de área folhar no tempo é uma variável que pode ser utilizada para análise do crescimento em vegetais (Radosevich et al., 1997). Houve diferença significativa para incremento de área folhar entre as cultivares investigadas. Contudo, o efeito da interação cultivares x condições de infestação não foi significativo para incremento de área folhar das plantas de arroz; por isso, os resultados representam, conjuntamente, as duas situações de competição, presença e ausência da simuladora de arroz-vermelho. Para todas as cultivares, o incremento da área das folhas, medido entre os 15 e 60 DAS, ajustou-se adequadamente ao modelo quadrático de regressão, exibindo reduzido acúmulo até os 30 DAS (Figuras 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4). A partir dessa época, a área folhar

tendeu a elevar-se de maneira acelerada. Em geral, as plantas apresentam um modelo de crescimento do tipo sigmóide; ou seja, no início o crescimento é bastante lento e, então, aumenta de modo gradativamente rápido até atingir um platô, quando tende a se estabilizar (Almeida et al., 1998).

As cultivares Ligeirinho (ciclo super-precoce) e XL 6 (precoce) obtiveram as maiores áreas folhares ao final do período estudado; enquanto a cultivar Formosa (tardia) apresentou o menor acúmulo de área folhar até os 60 DAS (Figuras 2.1, 2.2 e 2.4). As demais cultivares apresentaram velocidades de acúmulo de área folhar intermediárias. Destaca-se que, entre os 45 e 60 DAS, maior incremento relativo em área folhar ocorrem para a cultivar El Paso e o menor para a Bluebelle. (Figura 2.3). Assim, genótipos que mostram elevada velocidade de acúmulo de área folhar poderão competir mais eficientemente por luz no início do ciclo, sombreando as plantas vizinhas.

Obtiveram-se correlações significativas ($r=0,78$; $r=0,75$; $r=0,53$ e $r=0,51$) entre área folhar medida aos 15, 30, 45 e 60 DAS, e cobertura do solo proporcionada pelas plantas de arroz aos 60 DAS. O rápido acúmulo de área folhar proporciona maior habilidade competitiva com plantas daninhas, conforme foi enfatizado por Fischer et al. (1995).

A área folhar por planta depende diretamente do tamanho e do número de folhas (Paranhos et al., 1991). Neste sentido, a velocidade de emissão de folhas, ou de avanço do estágio de crescimento, representa uma variável que pode contribuir na análise do crescimento das plantas. Houve diferença significativa no número de folhas emitidas no colmo principal entre as cultivares analisadas, até os 60 DAS. Entretanto, o efeito da interação cultivares x infestações não foi

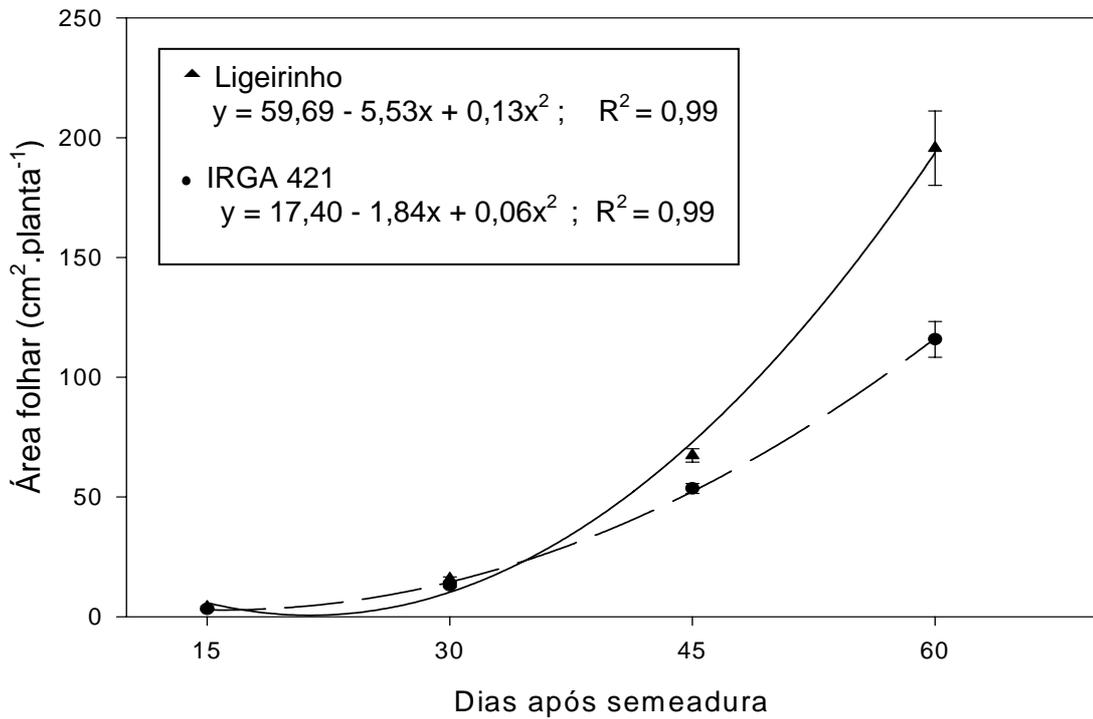


Figura 2.1. Evolução da área foliar das cultivares de arroz irrigado Ligeirinho e IRGA 421, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

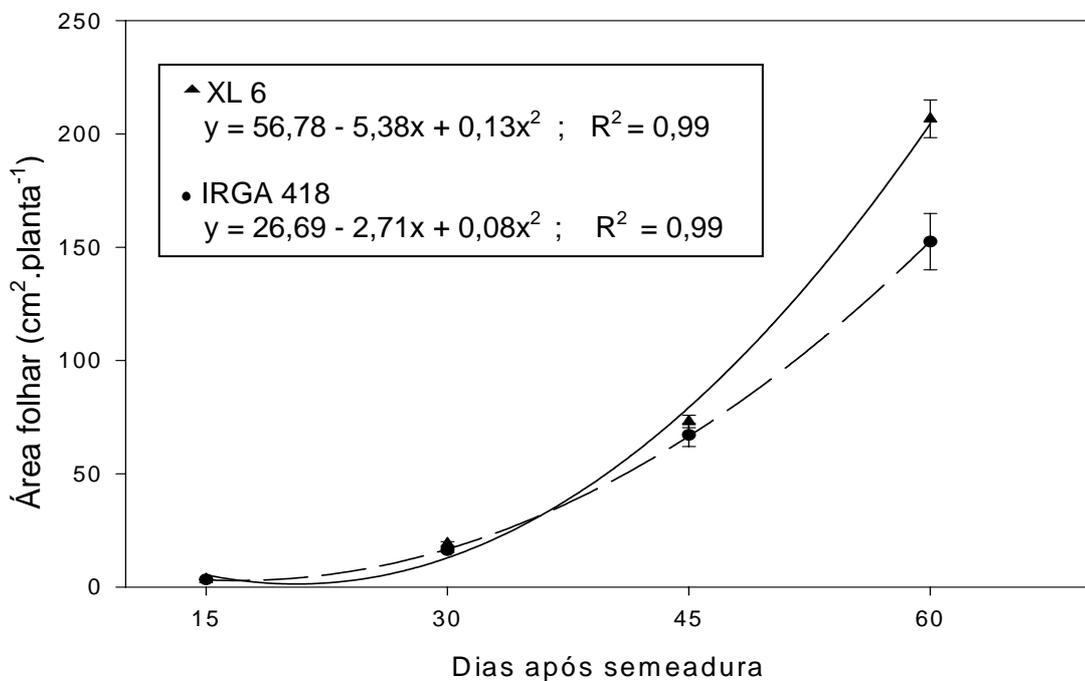


Figura 2.2. Evolução da área foliar das cultivares de arroz irrigado IRGA 418 e XL 6, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

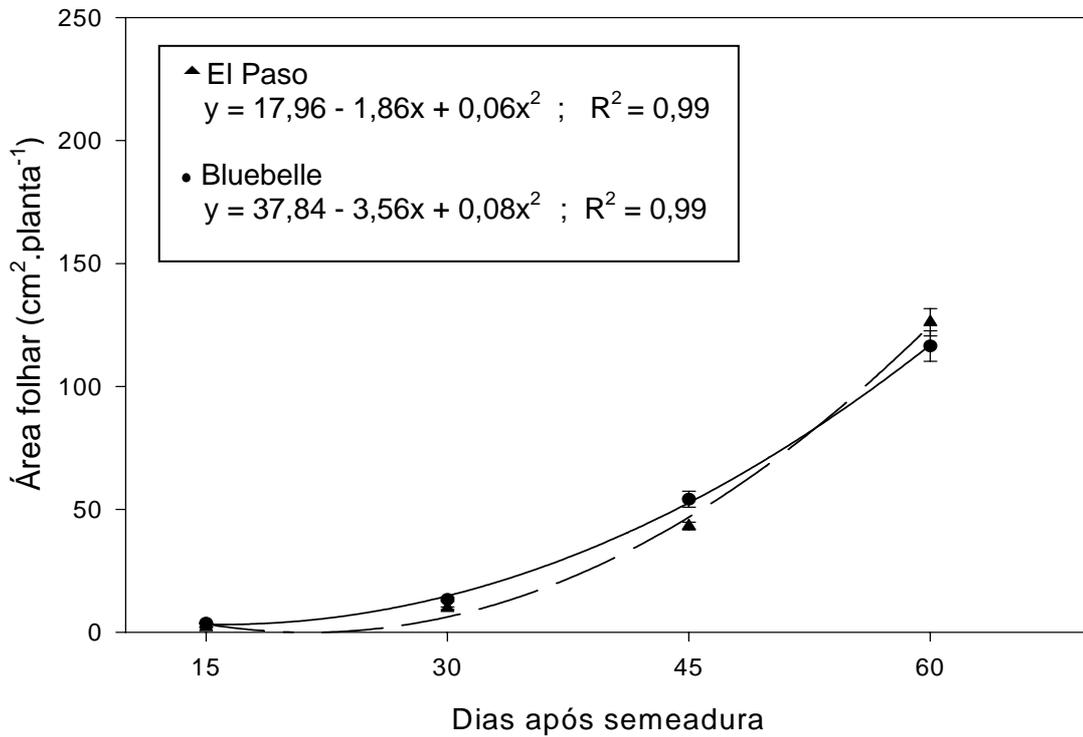


Figura 2.3. Evolução da área folhar das cultivares de arroz irrigado El Paso e Bluebelle, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

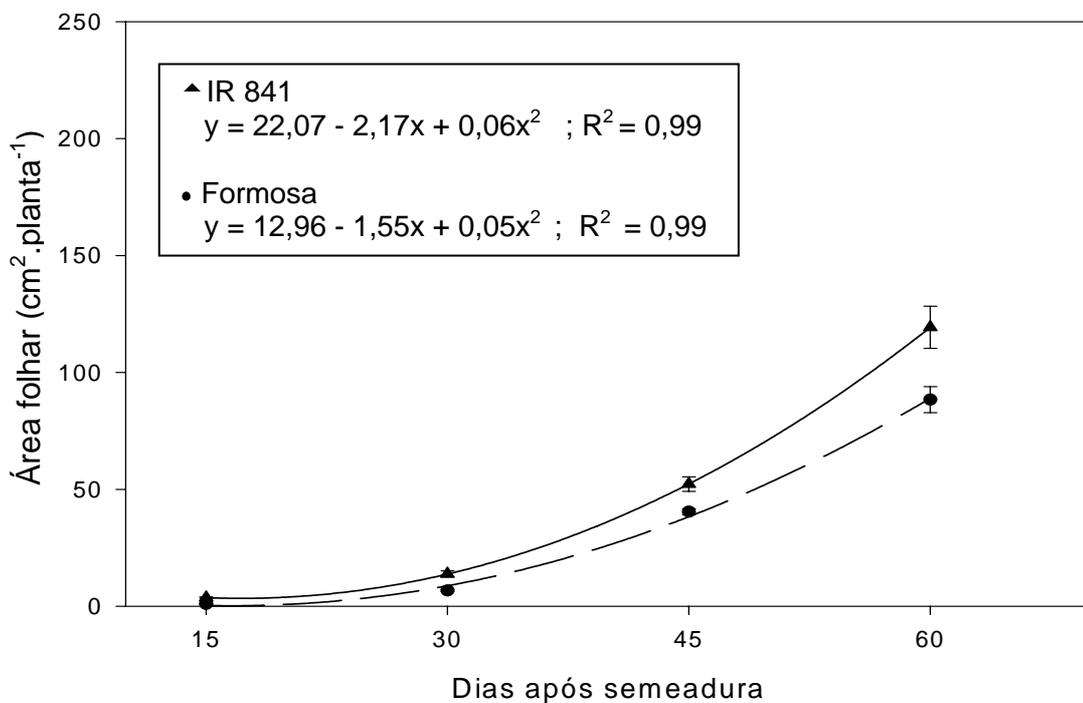


Figura 2.4. Evolução da área folhar das cultivares de arroz irrigado IR 841 e Formosa, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

significativo. Resultado oposto foi obtido por Paolini et al. (1999), em que a competição interespecífica ocasionou atraso na evolução fenológica em beterraba.

Para todas as cultivares investigadas, a evolução do estágio do colmo principal ajustou-se adequadamente ao modelo linear de regressão (Figura 2.5). Através do teste 't', averiguou-se as significâncias das diferenças entre coeficientes angulares e entre intersecções das equações lineares, quando se constatou que a evolução dos estádios de todas as cultivares, exceto Bluebelle, pode ser representada por uma única reta. Assim, a cultivar Bluebelle apresentou menor número de folhas emitidas no colmo principal em todas as determinações; enquanto as demais cultivares não diferiram no número de folhas emitidas no colmo principal ao longo do período avaliado.

Dentre as características morfológicas, a estatura de planta é a que mais fortemente relaciona-se com baixo crescimento de plantas daninhas, devido ao sombreamento imposto pela cultura, segundo Garrity et al. (1992). Por isso, o crescimento precoce em estatura é uma característica almejada no processo supressivo de plantas daninhas pela cultura (Ogg Jr. & Seefeldt, 1999). No presente estudo, houve diferenças significativas de ganho em estatura entre as cultivares avaliadas. O efeito da interação cultivares x infestações não foi significativo. Para todas as cultivares avaliadas, o incremento em estatura ajustou-se satisfatoriamente ao modelo linear de regressão (Figura 2.6).

As cultivares XL 6, Ligeirinho, IRGA 418 e El Paso apresentaram elevada velocidade de ganho em estatura até o final do período avaliado (60 DAS), não diferindo entre si (Figura 2.6). Assim, esses genótipos possuem maior chance de captação de luz em estratos mais elevados do dossel da comunidade de plantas.

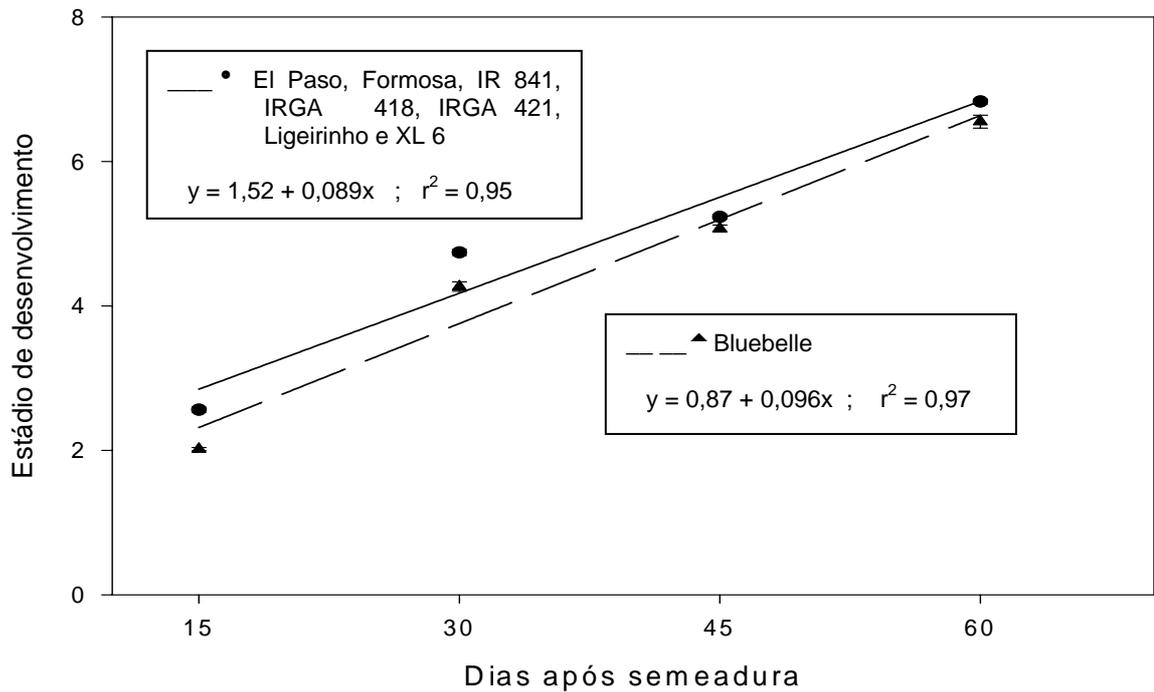


Figura 2.5. Evolução do estágio de desenvolvimento do colmo principal de plantas de cultivares de arroz irrigado, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

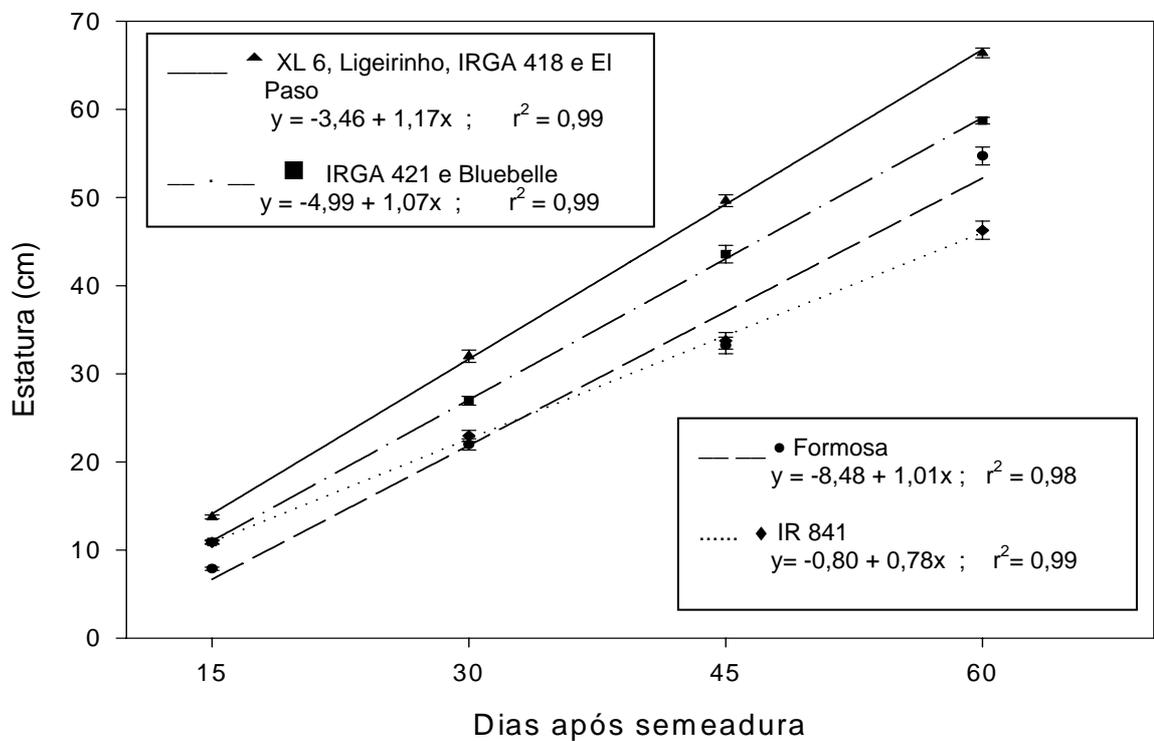


Figura 2.6. Evolução da estatura de planta de cultivares de arroz irrigado, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

Em condições de campo, *Brachiaria plantaginea* (Link.) Hitchc. (papuã), por exemplo, leva vantagem na competição com cultivares de arroz irrigado no início do ciclo devido à maior velocidade de crescimento em estatura que apresenta (Fischer et al., 1995). Por outro lado, até os 30 DAS, a cultivar Formosa mostrou reduzido aumento em estatura, ocupando posição inferior à maioria das cultivares; contudo, a partir dos 30 DAS ela superou IR 841. Coincidentemente, ambas, Formosa e IR 841 possuem ciclo tardio. Salienta-se, entretanto, que não se detectou correlação entre ganho em estatura e cobertura do solo proporcionada pelo dossel do arroz aos 45 e 60 DAS (dados não mostrados).

Outra característica importante para caracterizar o crescimento inicial de plantas é o acúmulo de massa. Houve diferenças significativas no incremento de massa da parte aérea entre as cultivares investigadas. Novamente, constatou-se não haver interação significativa entre cultivares e infestações no acúmulo de massa até os 60 DAS. Para todas as cultivares investigadas, o aumento de massa ajustou-se ao modelo quadrático de regressão, com lento acúmulo até os 30 DAS e posterior aceleração até os 60 DAS (Figuras 2.7, 2.8, 2.9 e 2.10). Esse comportamento foi similar ao observado para a variável área folhar.

A cultivar super-precoce Ligeirinho apresentou rápido acúmulo de massa no período estudado (Figura 2.7). Desta forma, essa cultivar ocupou rapidamente o espaço, provavelmente indisponibilizando recursos às plantas daninhas. Em arroz, foi demonstrado que o acúmulo de massa até o início do afilamento (35 DAS) foi a característica mais importante na definição do potencial supressivo de plantas daninhas pelas cultivares avaliadas (Ni et al., 2000). Em contrapartida, até os 45 DAS, as cultivares Formosa e IR 841 mostraram os menores acúmulos de massa, sendo provável que disponibilizaram maior nicho para ocupação pelas

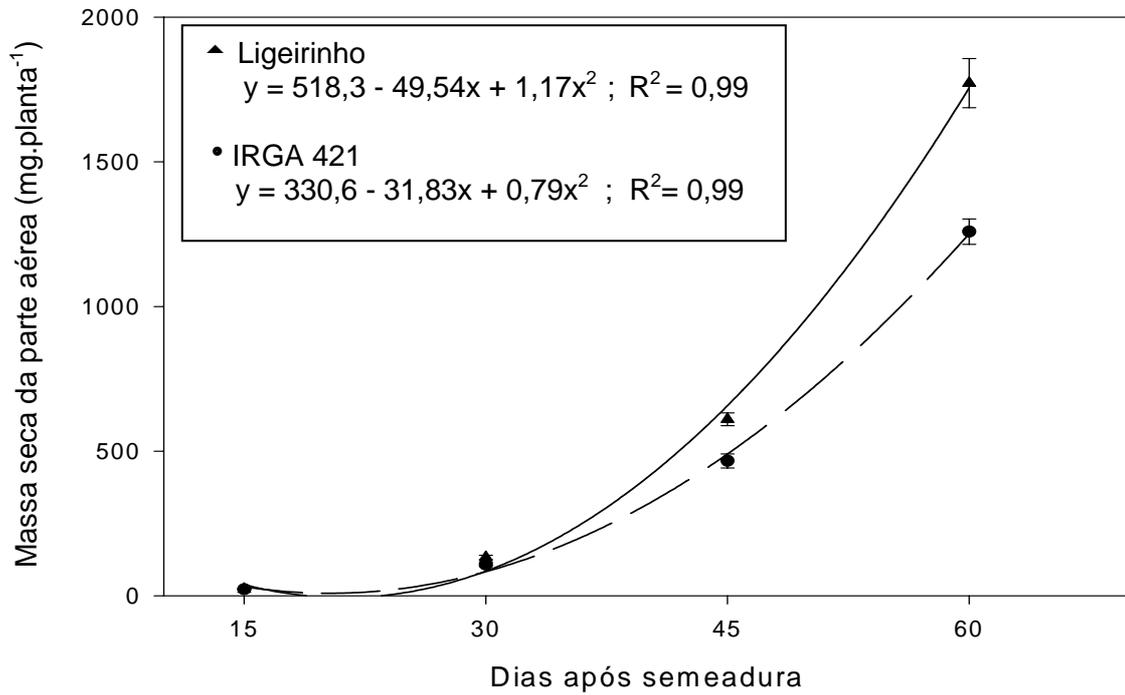


Figura 2.7. Acúmulo de massa na parte aérea da planta das cultivares de arroz irrigado Ligeirinho e IRGA 421, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

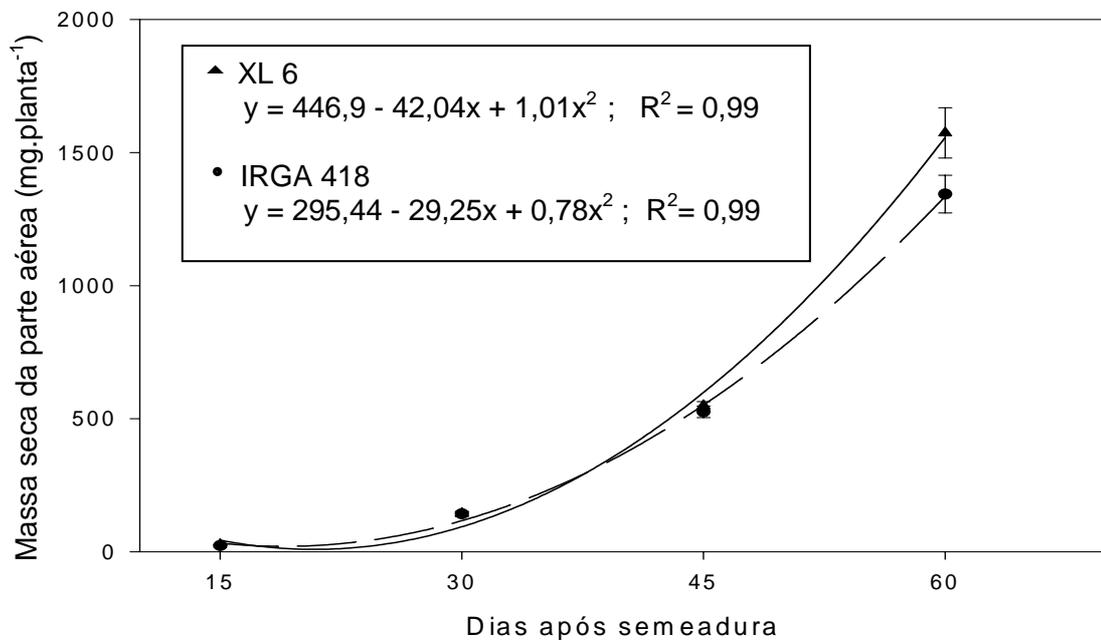


Figura 2.8. Acúmulo de massa na parte aérea da planta das cultivares de arroz irrigado XL 6 e IRGA 418, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

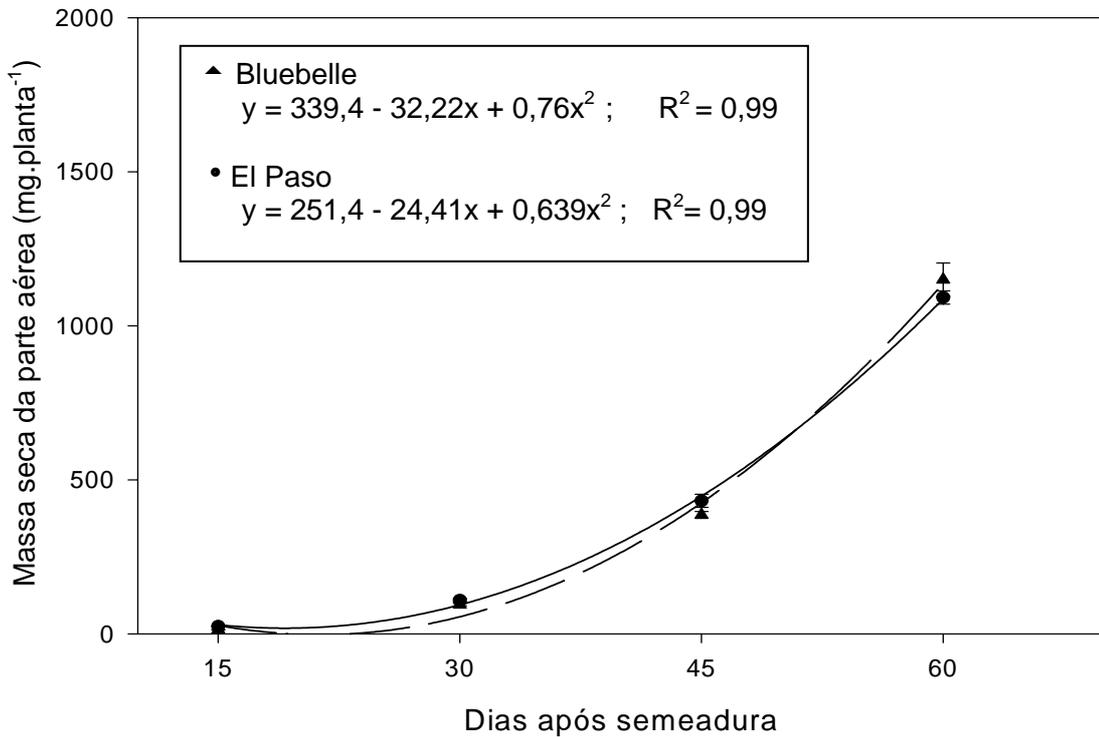


Figura 2.9. Acúmulo de massa na parte aérea da planta das cultivares de arroz irrigado Bluebelle e El Paso, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

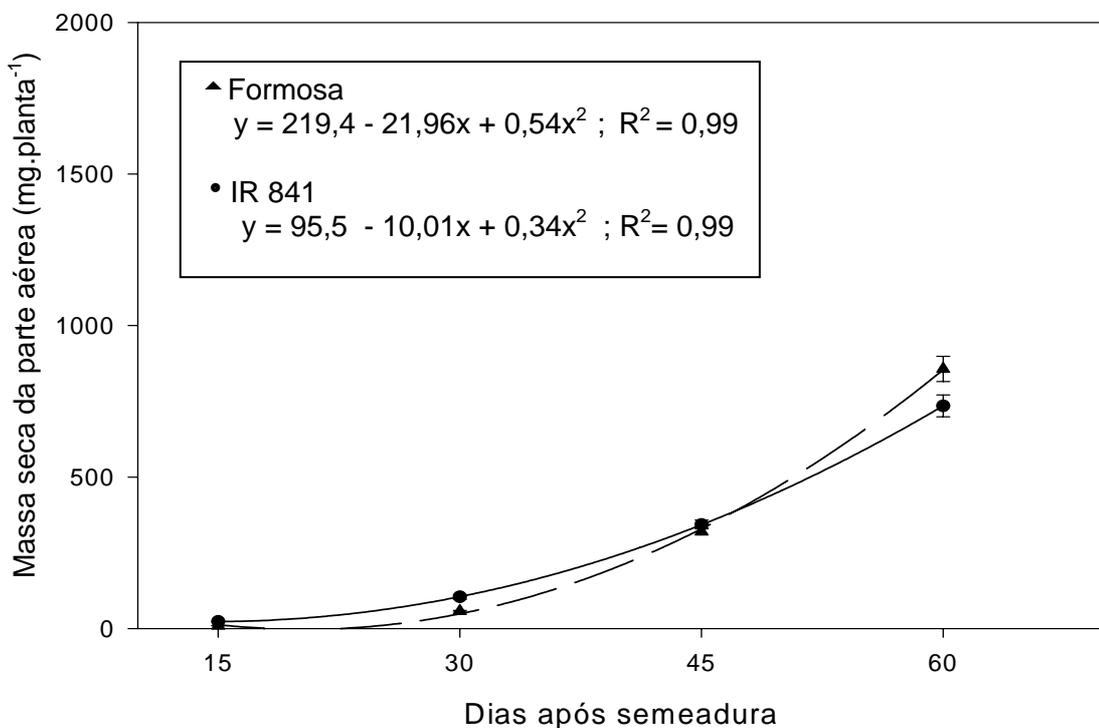


Figura 2.10. Acúmulo de massa na parte aérea da planta das cultivares de arroz irrigado Formosa e IR 841, médias de duas situações de competição, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

plantas daninhas (Figura 2.10). Embora, a partir dos 45 DAS, a cultivar IR 841 apresentasse reduzido acúmulo de massa, ela manteve posição intermediária para acúmulo de área folhar (Figura 2.4), demonstrando que ela investe recursos prioritariamente em formação de folhas. A cultivar híbrida XL 6 demonstrou comportamento semelhante a IR 841, pois apresentou incremento mais expressivo em área foliar comparativamente ao acúmulo de massa (Figura 2.8).

Na Tabela 2.2 constata-se, através do cálculo da razão de área foliar (RAF) que, em todas as avaliações, IR 841 apresentou elevado investimento em folhas. De acordo com Lindquist & Mortensen (1998), híbridos de milho que investiram mais em estruturas folhares, no início do ciclo, mostraram maior competitividade com plantas daninhas. Adicionalmente, Horak & Loughim (2000) observaram que espécies *Amaranthus* spp. (caruru) que apresentaram maior RAF possuíam maior potencial fotossintético por planta e, também, maior habilidade competitiva. Aos 15 DAS, verificou-se que Ligeirinho e El Paso também apresentaram elevada RAF (Tabela 2.2). Entre 30 e 60 DAS, XL 6 mostrou igualmente, possuir elevada canalização de reservas para formação de folhas. O inverso é válido para a cultivar Formosa que, em geral, apresentou baixos valores de RAF, demonstrando investir menos em folhas do que as demais. Genótipos que direcionam maior quantidade de fotoassimilados para produção de folhas, durante a fase inicial do ciclo, apresentam maior crescimento inicial e isto pode refletir-se em maior potencial produtivo (Almeida et al., 1998). Assim, através de elevada RAF, pode-se aliar competitividade e produtividade.

Tabela 2.2. Razão de área folhar (RAF) ($\text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$) de cultivares de arroz irrigado avaliada em quatro épocas, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	15 DAS ¹	30 DAS	45 DAS	60 DAS
IRGA 421	0,150 b ²	0,123 ab	0,116 c	0,092 c
BRS Ligeirinho	0,180 a	0,119 b	0,110 c	0,110 c
IRGA 418	0,144 bc	0,114 b	0,127 bc	0,113 bc
XL 6	0,125 cd	0,133 a	0,133 b	0,133 b
El Paso L 144	0,157 ab	0,122 ab	0,125 bc	0,107 c
Bluebelle	0,153 b	0,103 c	0,112 c	0,111 c
IAS 12-9 Formosa	0,112 d	0,117 b	0,124 bc	0,102 c
IR 841	0,165 ab	0,132 a	0,152 a	0,162 a
Médias	0,148	0,120	0,125	0,116
C.V. (%)	15,1	8,6	12,2	17,4

¹ Dias após a semeadura.

² Médias seguidas de letras distintas, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

O elevado investimento em folhas, observado na cultivar IR 841, aliado à reduzida estatura (Figura 2.6), direcionando-a a apresentar elevada expansão lateral das plantas. Dessa forma, esse genótipo apresentou alta cobertura do solo e, em consequência, reduzida penetração de luz no dossel da comunidade (Tabela 2.3). Em oposto, as cultivares Bluebelle e Formosa, que apresentaram baixas velocidades de crescimento, demonstraram possuir baixa capacidade de cobertura do solo, permitindo elevada penetração de luz no dossel. Nessa situação, a luz que penetra no dossel fica disponível para ser utilizada por plantas daninhas no processo fotossintético. Também se verificou que, aos 60 DAS, a cultivar Ligeirinho, que se destacou por rápido crescimento, propiciou alta cobertura do solo, comportamento similar ao observado na cultivar IR 841 (Tabela 2.3).

Cultivares de trigo que apresentaram maior capacidade de cobertura do solo sombrearam com maior intensidade as plantas daninhas plantas daninhas, sendo mais competitivas por luz, em relação às cultivares com reduzido potencial de sombreamento (Wicks et al., 1986; Seavers & Wright, 1999). O mesmo ocorreu em arroz (Gibson et al., 2001). Salienta-se, no entanto, que a capacidade de

sombreamento de cultivares varia com as espécies plantas daninhas presentes na área. Para que haja sombreamento de plantas daninhas por culturas, é necessário, além da alta cobertura do solo, de elevada estatura de planta, o que possibilita captação de energia luminosa no estrato superior do dossel.

Tabela 2.3. Cobertura do solo promovida por cultivares de arroz irrigado, penetração de luz no dossel e teor de clorofila folhar, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	Cobertura do solo 45 DAS ¹ (%)	Cobertura do solo 60 DAS (%)	Penetração de luz no dossel 70 DAS (%)	Clorofila (SPAD) 50 DAS
IRGA 421	43,1 b ²	64,2 c	8,5 b	29,5 b
BRS Ligeirinho	47,6 ab	77,7 a	7,4 ab	29,3 b
IRGA 418	46,9 ab	72,5 b	8,0 ab	32,4 a
XL 6	47,5 ab	73,2 b	4,9 ab	29,0 b
El Paso L 144	45,5 ab	71,2 b	5,6 ab	30,0 b
Bluebelle	37,9 c	55,7 d	12,4 c	33,4 a
IAS 12-9 Formosa	32,5 d	52,0 d	13,9 c	34,4 a
IR 841	50,6 a	80,2 a	4,1 a	33,2 a
Médias	43,9	68,4	8,1	31,4
C.V. (%)	7,2	4,2	29,4	4,6

¹ Dias após a semeadura.

² Médias seguidas de letras distintas, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A elevada RAF observada na cultivar IR 841 indica que suas plantas possuem alta área folhar por unidade de massa, o que pode elevar sua capacidade fotossintética. Contudo, IR 841 apresentou, consistentemente, as menores taxas de crescimento relativo (TCR) e de assimilação líquida (TAL) (Tabelas 2.4 e 2.5). Resultado divergente foi observado por Seibert & Pearce (1993), que constataram correlação positiva entre RAF, TCR e TAL. Em decorrência, IR 841 demonstrou baixo acúmulo de massa por unidade de massa e de área folhar pré-existent durante os períodos avaliados. É provável que esse comportamento ocorreu devido a elevado autosombreamento, já que IR 841 manteve patamares médios de área folhar (Figura 2.4) e de número de folhas emitidas no colmo principal (Figura 2.5); entretanto, ela apresentou a menor

estatura dentre as cultivares investigadas (Figura 2.6). Dessa forma, deduz-se haver elevada proximidade entre suas folhas, o que propicia autosombreamento intenso.

Além disso, os valores relativamente baixos de TCR e TAL observados em IR 841 podem estar associados a outras características fisiológicas intrínsecas ao genótipo, como reduzida adaptação ao ambiente em que foi conduzido o experimento, baixa atividade de enzimas relacionadas ao processo fotossintético, notadamente rubisco, ou elevada taxa de respiração para manutenção de processos metabólicos das plantas.

Por outro lado, as cultivares Bluebelle e Formosa destacaram-se por apresentar valores relativamente elevados de TCR e TAL (Tabelas 2.4 e 2.5). Essas cultivares também haviam se destacado por baixa velocidade de acúmulo de massa (Figuras 2.9 e 2.10). Uma causa que pode estar associada à elevada velocidade de crescimento relativo é a presença de elevado teor de clorofila, o que foi verificado em folhas de Bluebelle e Formosa, em determinação efetuada aos 50 DAS (Tabela 2.3).

Tabela 2.4. Taxa de crescimento relativo (TCR) ($\text{mg.mg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) de cultivares de arroz irrigado avaliada em três períodos, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	15-30 DAS ¹	30-45 DAS	45-60 DAS
IRGA 421	0,269 cd ²	0,231 bc	0,117 a
BRS Ligeirinho	0,412 abc	0,246 b	0,127 a
IRGA 418	0,371 ab	0,183 cd	0,106 ab
XL 6	0,300 bcd	0,195 bcd	0,125 a
El Paso L 144	0,241 d	0,204 bcd	0,104 ab
Bluebelle	0,424 a	0,208 bcd	0,132 a
IAS 12-9 Formosa	0,358 abc	0,313 a	0,113 a
IR 841	0,234 d	0,160 d	0,078 b
Médias	0,317	0,217	0,113
C.V. (%)	28,2	25,4	27,0

¹ Dias após a semeadura.

² Médias seguidas de letras distintas, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 2.5. Taxa de assimilação líquida (TAL) ($\text{mg.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) de cultivares de arroz irrigado avaliada em três períodos, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	15-30 DAS ¹	30-45 DAS	45-60 DAS
IRGA 421	1,86 de ²	1,90 bc	1,00 ab
BRS Ligeirinho	1,89 cde	2,07 b	1,16 a
IRGA 418	2,60 bc	1,61 bcd	0,85 b
XL 6	2,37 bcd	1,46 cd	0,96 ab
El Paso L 144	1,56 e	1,68 bcd	0,84 b
Bluebelle	2,83 ab	2,01 b	1,18 a
IAS 12-9 Formosa	3,35 a	2,71 a	0,91 ab
IR 841	1,50 e	1,23 d	0,52 c
Médias	2,25	1,83	0,93
C.V. (%)	30,1	26,3	27,8

¹ Dias após a semeadura.

² Médias seguidas de letras distintas, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Assim, genótipos que apresentam acelerado crescimento de planta, também possuem características favoráveis ao incremento da competitividade. É importante frizar, que as determinações foram realizadas em datas fixas após a semeadura das cultivares. Neste contexto, elas se apresentavam em estádios distintos de desenvolvimento quanto tais avaliações forma realizadas, o que permite algum questionamento. No entanto, esse procedimento foi, em nossa opinião, o mais correto para procurar medir e comparar características de planta e de crescimento de genótipos de arroz irrigado.

2.5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir:

- Cultivares de arroz irrigado apresentam variação em características relativas ao dossel e ao crescimento das plantas.

- Infestação moderada da cultivar de arroz EEA 406, simulando a presença de arroz-vermelho, não afeta variáveis relativas ao crescimento de cultivares de arroz.

- Os genótipos de arroz Ligeirinho e XL 6 em geral apresentam elevadas velocidades de incremento de área folhar, estatura e massa aérea de plantas e, juntamente com IR 841, apresentam elevadas cobertura do solo e interceptação de luz pelo dossel.

- As cultivares Bluebelle e Formosa mostram características de planta indicativas de baixo potencial competitivo com plantas daninhas.

CAPÍTULO III

CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO APRESENTAM VARIAÇÃO EM HABILIDADE COMPETITIVA COM PLANTAS CONCORRENTES

3.1. RESUMO

Características morfológicas e fisiológicas de plantas cultivadas podem afetar sua habilidade competitiva com plantas daninhas. Esse trabalho objetivou investigar variações na competitividade de cultivares de arroz irrigado com simuladora de arroz-vermelho. Neste aspecto, conduziu-se um experimento em campo na estação de crescimento 2000/01. Investigou-se o comportamento de oito genótipos de arroz, cultivados na presença e ausência de 30 plantas.m⁻² da cultivar de arroz EEA 406, simulando infestação de arroz-vermelho. As práticas de manejo adotadas foram as recomendadas para a cultura na região. Aos 45 e 60 dias após semeadura avaliou-se a resposta apresentada pela simuladora frente às cultivares de arroz e, na colheita, determinou-se estatura de planta, componentes do rendimento e produtividade das cultivares e da simuladora. A cultivar tardia IR 841 destacou-se em suprimir o crescimento da simuladora, apresentando, juntamente com a cultivar super-precoce Ligeirinho, as menores reduções de produtividade quando em competição. Em oposto, Formosa e Bluebelle permitiram maior crescimento e produção de sementes pela

concorrente, também apresentando as maiores reduções de produtividade de grãos na condição de competição.

3.2. INTRODUÇÃO

O conjunto de características morfológicas e fisiológicas de cultivares de arroz define sua capacidade em competir com plantas daninhas pelos recursos do meio (água, luz e nutrientes). Grande parte dos estudos de interferência de plantas daninhas em culturas considera somente aspectos da ocorrência e do impacto da competição na produtividade final das culturas. Um número restrito de pesquisas foi realizado para quantificar a importância de características de plantas cultivadas na determinação de sua habilidade competitiva (Radosevich et al., 1997; Ni et al., 2000). De acordo com Jannink et al. (2000), existe duas características inerentes aos genótipos cultivados que contribuem para o manejo integrado de plantas daninhas, uma é a tolerância às plantas daninhas, que consiste na habilidade da cultura em manter o seu rendimento numa situação de competição com plantas daninhas, outra é a supressão das plantas daninhas, que se refere à capacidade das culturas em reduzir o crescimento das plantas daninhas no processo de interferência.

Dentre as características morfológicas, a estatura de planta é a que mais fortemente se relaciona com o baixo crescimento de plantas daninhas, devido ao sombreamento imposto pela cultura (Kwon et al., 1991; Garrity et al., 1992; McDonald & Riha, 1999; Bennett & Shaw, 2000). Plantas cultivadas com elevada estatura conseguem reduzir a quantidade e a qualidade da luz incidente sobre as plantas daninhas. Nesse caso, há redução da taxa fotossintética das plantas daninhas, diminuindo seu potencial de dano à cultura. Em arroz irrigado, a luz é o

recurso mais disputado na competição interespecífica, destacando a importância da estatura de planta na definição da capacidade competitiva da cultura.

De acordo com Fleck (1980), a perda em produtividade de trigo decorrente da competição com *Lolium multiflorum* L. (azevém) tendeu a ser inversamente proporcional à estatura da cultivar de trigo. No mesmo sentido, Ogg Jr. & Seefeldt (1999) também apontam que cultivares de trigo com maior velocidade de ganho em estatura mostraram maior capacidade em suprimir o crescimento de plantas daninhas. O domínio precoce do recurso luz fez com que plantas de trigo também apresentassem maior crescimento do sistema radical, conferindo-lhe maior competitividade por água e nutrientes. Esse fato demonstra interação entre a competição por luz e a competição por recursos de solo.

Resultados de pesquisa comparativa entre as cultivares de arroz Lebonnet e Mars, relatados por Diarra et al. (1985), evidenciaram que a última cultivar possui maior habilidade competitiva, principalmente porque apresenta maior estatura. Entretanto, Fischer et al. (1997) afirmam que estatura de planta não tem sido um caráter convenientemente selecionado para aumentar a capacidade competitiva do arroz, o que seria importante principalmente quando as plantas daninhas possuírem baixa estatura.

De acordo com Khush (1995), uma planta de arroz com estatura entre 90 e 100 cm é considerada ideal para maximizar a produtividade. Todavia, Garrity et al. (1992) concluíram que a estatura mínima necessária ao arroz para adequada supressão de plantas daninhas encontra-se entre 100 e 115 cm, dependendo principalmente das espécies infestantes presentes na área. Os mesmos autores observaram que a estatura da planta de arroz foi altamente correlacionada com o seu rendimento de massa. Por outro lado, cultivares com estatura elevada, mas

que não apresentam colmos grossos, geralmente apresentam baixo potencial de rendimento de grãos e são mais suscetíveis ao acamamento. Por outro lado, vários trabalhos demonstram existir correlação negativa entre capacidade produtiva e características morfológicas que conferem elevada supressão de plantas daninhas (Siddique et al., 1989).

A elevada habilidade das plantas em interceptar a luz incidente no dossel é uma característica desejável às culturas quando em competição com plantas daninhas (Seavers & Wright, 1999). Contudo, a capacidade de cobertura do solo depende, além da estatura de planta, de outras características morfológicas, como área folhar e ângulo das folhas.

Foi demonstrado que o ciclo de cultivares de soja influenciou diretamente a habilidade em competir com plantas concorrentes (Bennett & Shaw, 2000). Neste sentido, Menezes & Silva (1998) determinaram que maior ciclo propiciou vantagem para a cultivar de arroz BR IRGA 410 em relação à cultivar IRGA 416, em termos de competição com arroz-vermelho, reduzindo a massa seca por planta dessa infestante. Conclusão semelhante foi alcançada por Smith Jr. (1974), quando determinou que a habilidade de cultivares de arroz em competir com *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. (capim-arroz) estava associada com o tempo requerido para maturação, pois cultivares com ciclo mais longo conseguiram competir mais eficientemente com capim-arroz.

Em oposto, a utilização de cultivares de ciclo curto pode auxiliar na redução da quantidade de sementes de arroz-vermelho que retornam ao solo, devido à colheita das mesmas ocorrer antes do degrane natural desta espécie daninha (Marchezan, 1994; Agostinetto et al., 2001). Em soja, cultivares precoces possibilitam aplicação de herbicidas dessecantes antes das plantas daninhas

atingirem a maturação fisiológica; assim, há redução da produção e viabilidade de propágulos pelas plantas daninhas (Bennett & Shaw, 2000). Em termos de potencialização produtiva de grãos em arroz, uma duração de ciclo em torno de 120 dias permite que a planta utilize de maneira satisfatória o nitrogênio do solo e a radiação solar, resultando em altas produtividades (Khush, 1995).

Paralelamente ao ciclo, outras características fisiológicas também possuem participação na determinação do potencial competitivo das culturas, dentre elas destacam-se as velocidades de emergência (Fischer & Miles, 1973; Kropff & Lotz, 1992; Roman et al., 1999) e de crescimento inicial (Fischer et al., 1995; Radosevich et al., 1997; Ni et al., 2000). Deste modo, cultivares de arroz que apresentam elevadas velocidades de emergência e de crescimento inicial, com acelerada cobertura do solo, elevada estatura de planta e ciclo longo podem apresentar maior habilidade em competir com ervas infestantes. Diante desse contexto, esse trabalho objetivou identificar variações na capacidade competitiva de cultivares de arroz irrigado, com base em características agrônômicas avaliadas na ocasião da colheita.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação estival de crescimento de 2000/2001, na Estação Experimental do Arroz (EEA), pertencente ao Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha, RS. A EEA situa-se à altitude de 7 m, em solo classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (Embrapa, 1999a). As principais características físico-químicas do solo da área experimental foram: argila (%): 16; pH(H₂O): 4,8; índice SMP: 6,0; P (mg.L⁻¹): 17,2; K (mg.L⁻¹): 49; M.O. (%): 1,2; Al

($\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$): 0,1; Ca ($\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$): 2; Mg ($\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$): 0,5; CTC efetiva ($\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$): 2,7. O preparo do solo foi realizado através do método convencional, compreendendo operações de lavração e de gradagem. As doses de adubo aplicadas na base foram $10 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, $25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 e $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O e, em cobertura, aplicou-se $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N. Essas doses de fertilizante foram determinadas com base nos resultados da análise do solo.

Os tratamentos testados foram dispostos segundo o delineamento experimental completamente casualizado, em fatorial (8x2), com quatro repetições. Cada unidade experimental apresentou área total de 4 m^2 (2x2 m) e área útil de $2,56 \text{ m}^2$ (1,6x1,6 m). Avaliou-se como um dos fatores oito cultivares de arroz: Bluebelle, BRS Ligeirinho, El Paso L 144, IAS 12-9 Formosa, IR 841, IRGA 418, IRGA 421 e XL 6. Essas cultivares foram escolhidas por apresentarem características morfofisiológicas distintas, como: velocidades de emergência e de crescimento inicial, avaliadas previamente em bioensaios; ciclo e estatura de planta. Na Tabela 3.1 são apresentadas algumas características das cultivares utilizadas no experimento. Os genótipos foram submetidos a duas situações de competição, ausência e presença de simuladora de infestação de arroz-vermelho, no caso a cultivar de arroz EEA 406, presente na densidade média de 30 plantas. m^{-2} .

A densidade de semeadura do arroz foi ajustada para cada cultivar com base no poder germinativo das sementes, obtido em laboratório, almejando-se estabelecer densidade de 300 plantas. m^{-2} . Contudo, a densidade média de plantas alcançada ficou em aproximadamente 270 plantas. m^{-2} . Já, a cultivar de arroz EEA 406 apresenta características morfológicas muito semelhantes às do arroz-vermelho. Com a utilização dessa simuladora, alcançou-se controle efetivo

da densidade, época de emergência e arranjo de plantas na área, possibilitando atingir-se maior controle do erro experimental. Em estudo sobre habilidade competitiva de genótipos de arroz em situação de sequeiro, utilizaram-se plantas de milho, feijão-caupi e outras cultivares de arroz para simular a presença de plantas daninhas (Johnson et al., 1999).

Tabela 3.1. Características das cultivares de arroz irrigado utilizadas no experimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares	Ciclo	Estatura	Afilhamento	Origem ¹
IRGA 421	super-precoce	baixa	alto	IRGA
BRS Ligeirinho	super-precoce	baixa	médio-alto	EMBRAPA/Pelotas
IRGA 418	precoce	baixa	alto	IRGA
XL 6	precoce	baixa	médio	Ricetec
El Paso L 144	precoce	baixa	alto	IRGA
Bluebelle	precoce	média	baixo	IRGA
IAS 12-9 Formosa	médio	média	baixo	IRGA
IR 841	tardio	baixa	alto	EPAGRI/Itajaí
EEA 406	médio	alta	baixo	Produtor

¹ Procedência das sementes utilizadas no experimento.

A semeadura foi realizada no dia 18 de novembro de 2000. A cultivar simuladora do arroz-vermelho foi semeada em linhas perpendiculares às das cultivares testadas, ambas no espaçamento de 20 cm entrelinhas. Também Hucl (1997) utilizou a semeadura de sementes de plantas daninhas em linhas perpendiculares às do trigo. As plantas daninhas presentes espontaneamente na área foram controladas através da aplicação da mistura em tanque dos herbicidas propanil (2850 g.ha⁻¹), triclopyr (300 g.ha⁻¹) e quinclorac (200 g.ha⁻¹). Aos 25 dias após a semeadura (DAS) iniciou-se a irrigação da área por inundação. As demais práticas de manejo empregadas no experimento foram fundamentadas nas recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (Embrapa, 1999b).

No decorrer do experimento, acompanhou-se o crescimento das plantas da simuladora (EEA 406). Aos 45 e 60 DAS, determinou-se a estatura de plantas e, aos 60 DAS, também se avaliou a massa seca da parte aérea da simuladora. Para realização dessas determinações, foram amostradas cinco plantas por parcela em cada época.

Na ocasião da colheita, avaliou-se as seguintes variáveis, tanto nas cultivares, quanto na simuladora: estatura final das plantas (foram amostradas ao acaso cinco plantas por parcela, nas quais foi medida a distância da superfície do solo até o ápice das mesmas, com o limbo folhar distendido); número de panículas.m⁻² (foi determinado através de contagem em área de 0,5 m² em cada unidade experimental); número de grãos por panícula (foram amostradas dez panículas em cada unidade experimental, determinando-se o número de grãos formados por panícula); peso médio de grão (os grãos oriundos das dez panículas coletadas foram pesados em balança analítica e os resultados expressos em peso de 1000 grãos, a 13 % de umidade); produtividade de grãos (foi obtida através da colheita manual das panículas de arroz na área útil de cada unidade experimental, as quais foram trilhadas e os grãos pesados, sendo os resultados expressos em kg.ha⁻¹, corrigidos para 13 % de umidade. A produtividade da simuladora foi expressa em número de sementes formadas por m²).

Através dos dados de rendimento de grãos, calculou-se o índice de uso eficiente da terra (UET), com o objetivo de se determinar o grau de complementaridade entre cultivares e simuladora de arroz-vermelho e a participação relativa dos genótipos de arroz em competição no rendimento total de grãos. Neste aspecto, utilizou-se a equação sugerida por Radosevich et al. (1997): $UET = UET_A + UET_B$; sendo que: $UET_A = RA_C/RA_M$ e $UET_B = RB_C/RB_M$; e,

UET_A = UET parcial da cultivar de arroz; RA_C = rendimento de grãos da cultivar quando em competição com a simuladora; RA_M = rendimento de grãos da cultivar em monocultivo. Adicionalmente, UET_B = UET parcial da simuladora de arroz-vermelho; RB_C = rendimento de grãos da simuladora quando em convivência com os genótipos de arroz e RB_M = rendimento de grãos da simuladora quando em monocultivo. A contribuição relativa de cada cultivar para o UET total foi obtida pela divisão do UET_A pelo UET e esses valores foram expressos em porcentagem.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, através do teste F. As médias dos tratamentos referentes às cultivares e à simuladora em competição foram comparadas aplicando-se o teste de Duncan. Quando se considerou a simuladora livre de competição como testemunha, as médias das variáveis da simuladora foram comparadas através do teste de Dunnett. Em ambas as análises, adotou-se o nível de 5% de probabilidade. Para interações, no entanto, adotou-se o nível de 10% de probabilidade. Ainda, realizou-se análise de regressão linear simples e de correlação linear entre as variáveis, para as quais adotou-se o nível de 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada através do programa computacional SAS (SAS, 1989).

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve variação na estatura de planta entre as cultivares avaliadas (Figura 3.1). Contudo, a interação cultivares de arroz x condições de infestação não teve efeito sobre a estatura das plantas. Não se detectou associação entre ciclo e estatura. As cultivares de ciclo precoce XL 6 e Bluebelle apresentaram as maiores estaturas, enquanto as cultivares super-precoces IRGA 421 e Ligeirinho

apresentaram as menores estaturas de planta. Em geral, plantas cultivadas que apresentam elevada estatura conseguem sombrear mais as plantas daninhas, competindo mais eficientemente pelo recurso luz (Diarra et al., 1985). Segundo Ortiz et al. (1997), um dos motivos que faz o arroz-vermelho ser mais competitivo que o arroz cultivado é sua maior estatura, o que o torna melhor competidor por luz, demonstrando a importância desta característica morfológica no incremento do potencial competitivo com plantas daninhas. De outra forma, Satorre & Snaydon (1992) constataram existir pouca importância de estatura na definição da capacidade competitiva de cereais com plantas concorrentes.

As cultivares investigadas possuem ciclos diferenciados (Figura 3.1). Os genótipos IRGA 421 e Ligeirinho, cultivares super-precoces, apresentaram as menores durações de ciclo. Esses genótipos completaram o ciclo em apenas 107 DAS. Em oposto, IR 841 apresentou maturação de colheita apenas aos 151 DAS, caracterizando-se como genótipo tardio, inclusive não sendo recomendado para semeadura no Rio Grande do Sul. As demais cultivares apresentaram ciclos intermediários, variáveis entre 120 e 138 dias. Cultivares tardias de arroz apresentam maior habilidade em competir com *Echinochloa crusgalli*, comparativamente aos genótipos precoces (Smith Jr., 1974). O mesmo efeito foi observado em soja (Bennett & Shaw, 2000). Esses autores também verificaram correlação positiva entre ciclo e estatura de planta de soja; portanto, genótipos que apresentam maior duração de ciclo, geralmente apresentam maior habilidade em sombrear plantas daninhas, devido à sua maior estatura de planta. Em geral, cultivares precoces de culturas anuais encerram o ciclo antes das espécies infestantes entrarem em senescência. Por outro lado, Jannink et al. (2000) verificaram que genótipos precoces de soja apresentaram maior velocidade de

crescimento e, por isso, foram mais competitivos com *Brassica hirta* (mostarda) em relação aos de ciclo tardio.

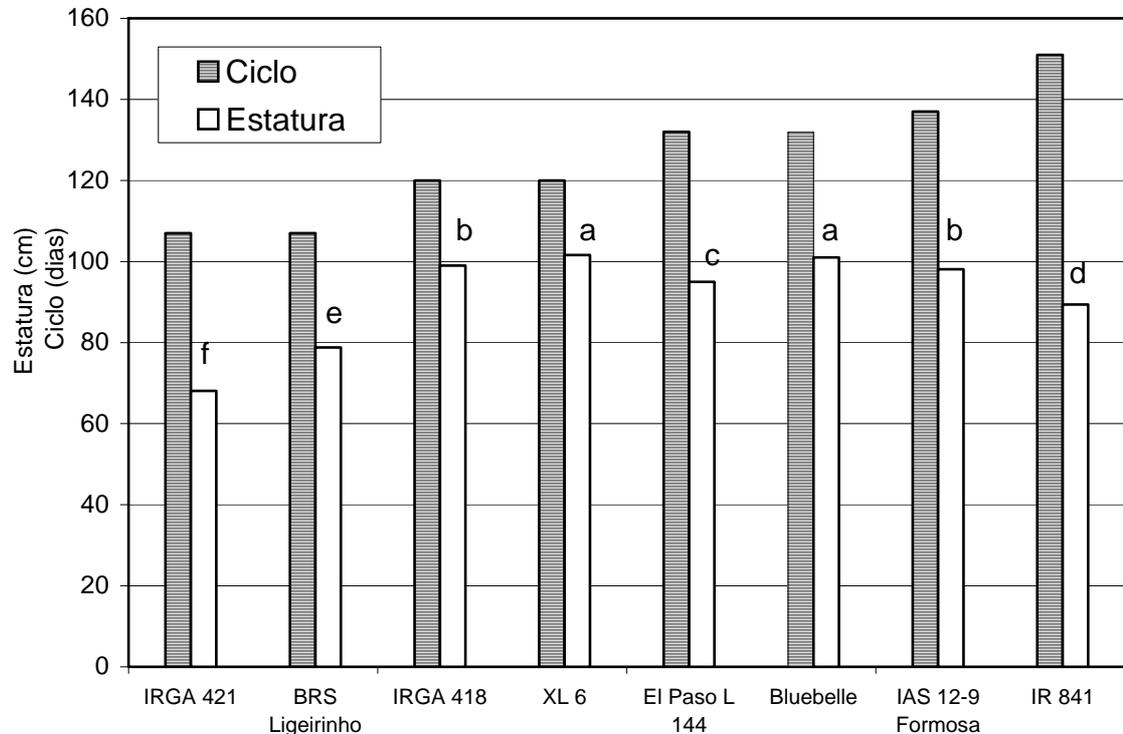


Figura 3.1. Duração do ciclo de desenvolvimento e estatura de plantas de cultivares de arroz irrigado, médias de duas situações de infestação, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Em relação aos componentes de rendimento, não houve efeito significativo da interação cultivares x infestações na determinação do número de panículas produzidas por área. Por isso, os dados apresentados para essa variável, referem-se às médias das duas situações de competição (com e sem infestação). Constatou-se existir diferenças no número de panículas.m⁻² entre as cultivares avaliadas (Tabela 3.2). Em valores absolutos, as cultivares IR 841 e Formosa apresentaram, respectivamente, a maior e a menor produção de panículas por área. Contudo, IRGA 421 e Ligeirinho também se destacaram com altos valores para a variável, enquanto Bluebelle e Formosa formaram baixo número.

Tabela 3.2. Número de panículas por área e número de grãos por panícula de cultivares de arroz, na ausência e presença de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	Número de panículas.m ⁻²	% ¹	Número de grãos.panícula ⁻¹		
			Ausência	Presença	% ¹
IRGA 421	369 ab ²	20,5	69,4 e A ²	56,9 d B	18,0
BRS Ligeirinho	351 abc	19,2	85,9 cd A	70,5 c B	17,9
IRGA 418	330 c	13,7	109,2 b A	86,0 b B	21,2
XL 6	316 cd	7,3	133,2 a A	108,5 a B	18,5
Bluebelle	283 de	23,8	96,0 c A	80,7 bc B	15,9
El Paso L 144	342 bc	15,5	112,8 b A	90,9 b B	19,4
IAS 12-9 Formosa	268 e	31,8	93,1 c A	86,4 b A	7,2
IR 841	382 a	6,9	76,2 de A	73,0 c A	4,2
Médias	330	17,3	97,0	81,6	15,4
C.V. (%)	10,4	-		9,1	-

¹ Porcentagem de redução da variável na situação infestada em relação à situação não infestada.

² Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, comparadas nas colunas, e médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, comparadas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

As cultivares IR 841 e XL 6 destacaram-se por apresentar as menores reduções no número de panículas formadas na situação com infestação, comparativamente à situação livre da simuladora do arroz-vermelho (Tabela 3.2). Contrariamente, Formosa apresentou a maior queda na produção de panículas, em decorrência da competição, percentual aproximadamente 4,5 vezes superior ao de IR 841. Provavelmente, IR 841 e XL 6 foram cultivares portadora de habilidade competitiva com a simuladora no início do ciclo, comprometendo de maneira menos expressiva o afilamento e, conseqüentemente, o número de panículas formadas por área. Constatou-se que a cultivar híbrida XL 6 possui elevadas velocidades de emergência (Capítulo 1, páginas 16 e 17) e de crescimento absoluto até os 60 dias após a semeadura (Capítulo 2, página 42), utilizando rapidamente os recursos do meio. O genótipo IR 841 apresenta no início do seu ciclo, elevada capacidade de cobertura do solo (Capítulo 2, página 46); dessa forma, ele disponibiliza o recurso luz em baixa quantidade e qualidade (reduzida relação vermelho/vermelho extremo) à simuladora.

Em relação ao número de grãos formados por panícula, em ambas as situações de competição, a cultivar XL 6 produziu o maior valor entre os genótipos investigados (Tabela 3.2). Já, IRGA 421, seguida de IR 841, produziu a menor quantidade de grãos por panícula. Contudo, a menor redução relativa de grãos formados por panícula correspondeu à cultivar IR 841. É provável que isso tenha ocorrido devido ao sombreamento imposto por essa cultivar à sua concorrente (EEA 406). Contrariamente, IRGA 418 apresentou elevada redução de grãos por panícula em decorrência da convivência com plantas de EEA 406.

Outro componente do rendimento avaliado foi peso do grão (Tabela 3.3). Em ambas as situações de interferência e em valores absolutos, XL 6 demonstrou produzir grão com elevado peso, enquanto Ligeirinho produziu grão com baixo peso (Tabela 3.3). Somente as cultivares XL 6 e IRGA 418 apresentaram reduções significativas no peso de grão quando em competição com a simuladora. É possível que essa resposta ocorresse porque a fase exponencial de enchimento de grãos dessas cultivares coincide com o estágio em que a simuladora estava iniciando o florescimento, ou seja, quando a competidora apresentava máximas estatura e índice de área folhar (IAF), interceptando maior quantidade de luz.

Tanto na ausência quanto na presença da simuladora, a cultivar XL 6 obteve as maiores produtividades de grãos (Tabela 3.4). Isso decorre, principalmente, do elevado número de grãos formados por panícula e do elevado peso do grão verificados para esse genótipo. De outro modo, as cultivares IRGA 421 e Bluebelle apresentaram as menores produtividades sob condição de infestação (Tabela 3.4). Contudo, enfatiza-se que todas as cultivares

apresentaram reduções significativas na produtividade de grãos em resposta à presença da simuladora do arroz vermelho, as quais variaram entre 11,5 e 41,2%.

Tabela 3.3. Peso do grão de cultivares de arroz, na ausência e presença de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	Peso de mil grãos (g)		
	Ausência	Presença	% ¹
IRGA 421	23,7 de ² A ²	22,4 e A	5,5
BRS Ligeirinho	22,0 e A	21,6 e A	1,8
IRGA 418	28,8 b A	23,7 de B	17,7
XL 6	35,4 a A	30,6 a B	13,5
Bluebelle	23,9 de A	23,9 de A	0
El Paso L 144	26,1 cd A	26,6 bc A	0
IAS 12-9 Formosa	27,0 bc A	25,8 cd A	4,4
IR 841	28,6 b A	28,6 ab A	0
Médias	26,9	25,4	5,4
C.V.(%)	6,3		-

¹ Porcentagem de redução da variável na situação infestada em relação à situação não infestada.

² Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, comparadas nas colunas e médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, comparadas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 3.4. Produtividade de grãos e índice de uso eficiente da terra parcial (UET) de cultivares de arroz na ausência e presença de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares de arroz	Produtividade (kg.ha ⁻¹)			UET _{parcial} (%) ²
	Ausência	Presença	% ¹	
IRGA 421	5968 c ³ A ³	4106 de B	31,2	70,0 cd
BRS Ligeirinho	5931 c A	4916 cd B	17,1	83,1 ab
IRGA 418	7492 b A	5782 bc B	22,8	78,5 abc
XL 6	9075 a A	7064 a B	22,1	81,9 abc
Bluebelle	5493 c A	3224 e B	41,2	61,0 d
El Paso L 144	7868 b A	5856 bc B	25,5	75,9 bc
IAS 12-9 Formosa	7485 b A	4585 d B	38,7	58,5 d
IR 841	6967 b A	6164 b B	11,5	90,0 a
Médias	7035	5210	26,1	74,8
C.V.(%)	10,2		-	10,6

¹ Porcentagem de redução da variável na situação infestada em relação à situação não infestada.

² Contribuição relativa da cultivar para o UET total da associação com EEA 406.

³ Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, comparadas nas colunas e médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, comparadas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os genótipos que sofreram as maiores reduções percentuais de produtividade foram Bluebelle e Formosa, demonstrando que esses apresentam menor habilidade em competir pelos recursos de meio com plantas concorrentes, no caso, com EEA 406. Em oposto, IR 841 possui características vantajosas que lhe permitem competir eficientemente pelos recursos necessários ao seu crescimento e desenvolvimento e, por isso, essa cultivar sofreu a menor perda relativa de produtividade, quando conviveu com a simuladora. Observa-se, também, que Ligeirinho demonstrou reduzida queda percentual de produtividade em decorrência da interferência. Vale salientar, entretanto, que não se observou correlação entre potencial de rendimento de grãos das cultivares e redução percentual de rendimento por efeito da competição.

Comportamento semelhante à produtividade de grãos é observado quando se analisa o índice de uso eficiente da terra parcial para as cultivares UET_{parcial} (Tabela 3.4). As menores reduções de produtividade decorrentes da competição estão associados aos maiores valores de UET_{parcial} . Ainda, o UET não variou entre genótipos de arroz em competição (dados não mostrados), indicando que a simuladora de arroz-vermelho tende a ocupar o mesmo nicho das cultivares. Neste sentido, não houve aumento do rendimento total de grãos com a associação de plantas de duas cultivares de arroz, mantendo-se inalterados os valores de UET_{total} (próximos à unidade).

Além da redução percentual de produtividade, o rendimento absoluto alcançado pelos genótipos em competição constitui-se num fator importante se considerar para esclarecer as relações de interferência entre simuladora e cultivares. Neste sentido, vale apontar que, embora IR 841 tenha apresentado a menor redução de produtividade, foi a cultivar XL 6 que demonstrou maior

potencial de rendimento na situação de competição (Tabela 3.4). Essa cultivar mostrou perda percentual intermediária de produtividade por efeito de competição; entretanto, como sua produtividade em monocultivo foi a mais elevada, ainda assim conseguiu manter alto rendimento de grãos, mesmo sob pressão de competição. Portanto, nas condições de ambiente e de manejo em que foi conduzido esse experimento, pode-se apontar a cultivar XL 6 como a mais hábil em manter elevada produtividade na presença de infestação moderada de arroz-vermelho, pressupondo-se que a simuladora apresente equivalência competitiva à do arroz-vermelho. De outra parte, a cultivar Ligeirinho mostrou menor redução relativa de produtividade do que XL 6; no entanto, seu potencial de rendimento, sob estresse competitivo, é bem menor do que o da cultivar híbrida.

Entretanto, cabe enfatizar, que a densidade de plantas observada variou entre 310 plantas.m⁻² para a cultivar IR 841 e 180 plantas.m⁻² para Formosa, o que pode proporcionar algum questionamento acerca do efeito da densidade sobre a produtividade e competitividade das cultivares. Para se constatar o efeito do número de plantas de arroz por área e dos demais componentes de rendimento de grãos sobre a produtividade de grãos, fez-se análise de regressão linear múltipla, considerando-se as oito cultivares investigadas, conjuntamente, obtendo-se a seguinte equação:

$$y = -1920 - 2,01x + 5,97x_2 + 16,57x_3 + 211,72x_4 ; \quad r^2=0,70;$$

onde: y=produtividade de grãos (kg.ha⁻¹); x=densidade de plantas de arroz (plantas.m⁻²); x₂=número de panículas por área (panículas.m⁻²); x₃=número de grãos por panícula e, x₄=peso de mil grãos (g). Através desse procedimento estatístico, verificou-se que densidade de plantas e número de panículas por área

não contribuíram significativamente para produtividade de grãos dos genótipos de arroz investigados. Apenas os termos número de grãos por panícula e peso do grão mostram efeitos significativos na composição do rendimento de grãos.

Em arroz irrigado, Silva et al. (2001) verificaram que o aumento da quantidade de sementes semeadas das cultivares BR-IRGA 410 e IRGA 417 de 50 à 200 kg.ha⁻¹ ocasionou reduções no número de panículas por planta e no número de grãos formados por planta; assim, a produtividade de grãos manteve-se inalterada com a elevação da população de plantas por área. Essa pesquisa demonstra a grande plasticidade morfológica observada na cultura do arroz irrigado, a qual é alcançada, principalmente, pela capacidade de afilhamento das plantas. Desta forma, acredita-se que a variação de densidade observada não invalida os resultados obtidos.

Além da competição, existe outras formas de interferência entre culturas e plantas daninhas. De acordo com Radosevich et al. (1997), a alelopatia representa outra importante forma de interferência entre plantas. Alelopatia é definida como a liberação de compostos químicos por uma espécie vegetal que afetam o desenvolvimento e/ou crescimento de outras plantas (Olofsdotter et al., 1999). Neste sentido, constatou-se haver variabilidade no potencial alelopático de cultivares de arroz irrigado quanto à supressão de *Echinochloa crusgalli* (Olofsdotter, 2001). Contudo, na presente pesquisa não houve preocupação em se separar os efeitos de alelopatia e de competição no processo global de interferência.

Para se analisar com maior abrangência as interações de interferência entre cultivares e a simuladora do arroz-vermelho, também se avaliou características de planta da simuladora quando em convivência com as cultivares

e em situação livre de arroz cultivado (testemunha). Assim, a estatura da simuladora aos 45 DAS não variou significativamente quando em competição com as diferentes cultivares (Tabela 3.5). Aos 60 DAS, ocorreu maior crescimento em estatura da simuladora principalmente em competição com as cultivares XL 6 e IRGA 418. Isso ocorreu porque, nessa época, essas cultivares apresentavam elevada estatura de planta (Capítulo 2, página 40), possivelmente forçando a simuladora a investir no crescimento em estatura para interceptar mais luz para realizar fotossíntese.

No final do ciclo, observou-se algumas alterações na posição relativa de estatura da simuladora em resposta à competição com as diversas cultivares (Tabela 3.5). Assim, os genótipos Ligeirinho e IRGA 421, por exemplo, de ciclo super-precoce, cessaram antecipadamente o crescimento em estatura quando a simuladora ainda se encontrava em pleno crescimento vegetativo, razão porque exerceram menor efeito na variável. Com isso, a simuladora não necessitou investir em alongamento de colmo para suplantar as plantas competidoras a fim de beneficiar-se na concorrência por luz. Por outro lado, IR 841 apresentou elevada capacidade de cobrir o solo (Capítulo 2, página 46), provavelmente indisponibilizando luz para o crescimento da simuladora. Além disso, essa cultivar apresentou baixa estatura de planta até o final do ciclo (Figura 3.1), exercendo, adicionalmente, efeito similar ao comentado anteriormente.

Constatou-se, também, que a massa acumulada pela simuladora até os 60 DAS, na situação de ausência de competição, foi superior à acumulada sob competição com qualquer uma das cultivares (Tabela 3.5). Notadamente, Bluebelle e Formosa permitiram maior produção de massa pela simuladora, comparativamente às demais cultivares. Isso demonstra menor capacidade

desses dois genótipos em competir com invasoras já na fase vegetativa. Contrariamente, IR 841 conseguiu suprimir com maior intensidade o acúmulo de massa pela simuladora do arroz-vermelho, mostrando elevada capacidade competitiva durante o período vegetativo.

Tabela 3.5. Variáveis relativas ao crescimento de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho em presença de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares competidoras	Estatura de planta (cm)			Massa aérea aos 60 DAS (g.planta ⁻¹)
	45 DAS ¹	60 DAS	Colheita	
IRGA 421	44,2 ns ² * ⁴	64,9 bc ³	115,8 b	1,72 b *
BRS Ligeirinho	47,0	69,7 ab	115,8 b	1,41 bc *
IRGA 418	49,3	74,6 a *	123,6 a	1,51 bc *
XL 6	44,6 *	73,2 a *	121,2 ab	1,39 bc *
Bluebelle	49,0	64,4 bc	126,9 a	2,31 a *
EI Paso L 144	46,4	70,5 ab	124,5 a	1,59 bc *
IAS 12-9 Formosa	46,8	59,9 c	123,2 a	2,09 a *
IR 841	45,5	62,2 c	115,4 b	1,32 c *
Simuladora sozinha	49,0	66,3	122,1	4,03
Médias	47,0	67,2	121,0	2,14
C.V.(%)	4,8	5,8	3,6	13,2

¹ Dias após semeadura.

² Não significativo a 5% de probabilidade.

³ Médias seguidas de letras distintas, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

⁴ Médias da simuladora (EEA 406) em competição com cultivares de arroz, seguidas de asteriscos, diferem da simuladora sem competição pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

O número de panículas por área e o número de grãos por panícula produzidos pela simuladora de arroz-vermelho foram afetados por sua convivência com as cultivares investigadas (Tabela 3.6). Em geral, a cultivar Formosa permitiu à simuladora formar mais panículas e grãos por panícula, enquanto IR 841 destacou-se ao não permitir elevada produção desses dois componentes pela competidora. IR 841, uma cultivar tardia, competiu com a simuladora durante todo seu ciclo, já que ocasionou, também, redução no tamanho do grão da simuladora. Em sentido contrário, IRGA 421 e Ligeirinho, cultivares super-precoces, não competiram intensivamente com a simuladora até

o final do ciclo desta, favorecendo, desse modo, a utilização de recursos pela simuladora no período de enchimento de grãos, originando grãos mais pesados. Esse fato possibilita formação de sementes de arroz-vermelho com maior quantidade de reservas que, em cultivos subseqüentes apresentarão, potencialmente, maior vantagem em estabelecimento precoce de sucesso.

Tabela 3.6. Variáveis avaliadas na colheita de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho em presença de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Cultivares competidoras	Número de panículas. m ⁻²	Número de grãos.panícula ⁻¹	Peso de mil grãos (g)	Número de grãos.m ⁻²
IRGA 421	51,0 ab ¹ * ²	118,3 bc *	32,4 a *	4618 ab *
BRS Ligeirinho	25,4 c *	112,0 bc *	32,0 ab *	2575 bc *
IRGA 418	37,0 abc *	115,8 bc *	31,7 ab	3320 bc *
XL 6	30,0 bc *	99,6 cd *	31,2 b	2687 bc *
Bluebelle	49,6 ab *	120,0 b	31,3 b	6058 a *
EI Paso L 144	41,4 abc *	104,0 bcd *	31,2 b	3722 b *
IAS 12-9 Formosa	52,0 a *	138,6 a	31,5 ab	6595 a *
IR 841	25,0 c *	87,5 d *	30,0 c	1638 c *
Simuladora sozinha	134	140,1	30,8	16072
Médias	58,0	117,6	31,3	6359
C.V.(%)	36,3	10,5	2,2	25,9

¹ Médias seguidas de letras diferentes, comparadas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

² Médias da simuladora (EEA 406) em competição com cultivares de arroz, seguidas de asteriscos, diferem da simuladora sem competição pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

As quantidades de sementes produzidas pela simuladora, quando em competição com as diferentes cultivares de arroz, foram inferiores à produção obtida na testemunha (Tabela 3.6). Novamente, a menor produção de sementes pela simuladora foi observada na situação de competição com a cultivar IR 841, enquanto Formosa e Bluebelle permitiram as maiores produções de propágulos por parte da simuladora. Assim, a utilização de cultivares de arroz com elevada capacidade competitiva com plantas daninhas apresenta, adicionalmente ao efeito de provocar menor queda de produtividade da cultura, o de limitar a reinfestação da área com sementes de plantas daninhas que reabastecerão o banco de sementes no solo.

Evidencia-se, através dos resultados obtidos, que as menores reduções de rendimento de grãos das cultivares investigadas, quando em competição, em geral acompanharam os menores acúmulos de massa e produção de sementes pelas plantas da simuladora. Estes fatos demonstram que a habilidade competitiva demonstrada pelas plantas dos genótipos estudados é, basicamente, dependente de mecanismos de supressão de plantas daninhas e não de tolerância às plantas daninhas. Essa constatação fica fortalecida pela análise dos índices de uso eficiente da terra (UET), os quais assumiram, em geral, valores próximos à unidade, não diferindo entre as cultivares de arroz investigadas. Portanto, é coerente supor-se que as cultivares pesquisadas e a simuladora de arroz-vermelho tendem a ocupar o mesmo espaço e a competir pelos mesmos recursos do meio.

3.5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- Existe variabilidade em características de planta de cultivares de arroz irrigado em final de ciclo, resultando em habilidades competitivas diferenciadas entre os genótipos com plantas concorrentes.
- Habilidade competitiva superior sobre simuladora de arroz-vermelho ocorre nas cultivares IR 841 e Ligeirinho, enquanto as cultivares Formosa e Bluebelle demonstram baixa capacidade competitiva.
- Cultivares de arroz hábeis em competir com simuladora de arroz-vermelho apresentam duplo benefício, preservar o potencial de rendimento de grãos da cultura e prevenir a produção de sementes pela planta daninha para reabastecimento do banco no solo.

CAPÍTULO IV

ASSOCIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO À HABILIDADE COMPETITIVA COM PLANTAS CONCORRENTES

4.1. RESUMO

O potencial competitivo de plantas pelos recursos do meio é afetado por suas características morfofisiológicas. Ainda não há consenso sobre qual característica de planta de arroz irrigado seja mais importante na determinação da sua capacidade competitiva com plantas daninhas. Esse trabalho teve como objetivo identificar características de planta de arroz irrigado que mais contribuam na competitividade da cultura. Neste sentido, conduziu-se um experimento em campo na estação de crescimento 2000/01, no qual se investigou o comportamento de oito genótipos de arroz, cultivados na presença ou ausência da cultivar de arroz EEA 406, simulando infestação de arroz-vermelho. Avaliou-se características de plantas de arroz na condição de ausência de competição e, por ocasião da colheita, determinou-se a redução de rendimento de grãos para cada genótipo, decorrente da competição. Através de análise de regressão linear múltipla e correlação simples determinou-se que a habilidade das cultivares em sombrear o solo aos 60 dias após sementeira (DAS) foi a variável mais relacionada com o potencial competitivo, e que essa característica esteve

especialmente associada com o acúmulo de massa aérea pelas plantas de arroz aos 15 DAS.

4.2. INTRODUÇÃO

No sul do Brasil, *Oryza sativa* L. (arroz-vermelho) constitui-se na principal invasora de áreas cultivadas com arroz irrigado (Agostinetto et al., 2001). Por pertencerem à mesma espécie, o arroz-vermelho e o cultivado apresentam elevada similaridade morfofisiológica, o que dificulta o controle seletivo, fazendo-se necessário utilizar métodos culturais de controle, dentre os quais destaca-se a utilização de cultivares com elevada capacidade competitiva.

Nos últimos anos, pesquisas relacionadas à habilidade competitiva de cultivares com plantas daninhas vêm ganhando importância, principalmente porque a adoção de genótipos com alta competitividade constitui-se em prática cultural de reduzido custo e impacto ambiental. Grande parte dos estudos sobre interferência de plantas daninhas com culturas considera somente a ocorrência e o impacto da competição na produtividade dessas. Número escasso de pesquisas têm sido realizadas para quantificar a importância das características da planta cultivada na determinação de sua habilidade competitiva com plantas daninhas (Radosevich et al., 1997).

O incremento da capacidade competitiva de plantas é atribuído à emergência precoce, elevado vigor de plântulas, rapidez de expansão folhar, formação de dossel denso, elevada estatura de planta, longo ciclo de desenvolvimento e rápido crescimento do sistema radical (Seibert & Pearce, 1993; Roman et al., 1999; Seefeldt et al., 1999; Bennett & Shaw, 2000; Horak & Loughin, 2000). Plantas com elevadas velocidades de emergência e de

crescimento inicial possuem prioridade na utilização dos recursos do meio e, por isso, geralmente levam vantagem na sua utilização (Firbank & Watkinson, 1985). De outro modo, elevada estatura de planta e formação de dossel compacto por parte da cultura relacionam-se à capacidade de sombreamento às plantas daninhas, reduzindo a disponibilidade de radiação solar à fotossíntese das infestantes (Garrity et al., 1992). Adicionalmente, cultivares de culturas anuais com ciclo tardio, em geral iniciam a fase reprodutiva quando as plantas daninhas estão cessando seu ciclo e, por isso, os recursos disponíveis reverterem, na maioria, à cultura.

Devido às interações de características de planta na determinação da competitividade dos vegetais, torna-se difícil identificar aquelas que realmente se associam com elevada capacidade competitiva. Em arroz, por exemplo, ainda não há consenso de qual ou quais características de planta influenciam a habilidade da cultura em competir com plantas daninhas (Ni et al., 2000). Esse fato dificulta a seleção de cultivares mais hábeis em competir com espécies daninhas, tornando-se um entrave para o melhoramento, quando visa elevar o patamar de competitividade das culturas. Portanto, é necessário definir, para cada cultura, as características de planta que possuam maior expressividade em dotar às cultivares de habilidade superior no processo de interferência com plantas daninhas.

Há cultivos que apenas toleram a presença de plantas daninhas e outros que suprimem o crescimento e desenvolvimento de invasoras (Jannink et al., 2000). Segundo os mesmos autores, a velocidade de ganho em estatura confere à soja maior competitividade com plantas daninhas, embora a estatura não esteja correlacionada com interceptação de luz pelo dossel da cultura. Foi postulado que

o incremento em área folhar e o sombreamento rápido da área são características importantes em definir o potencial competitivo dos vegetais (Satorre & Snaydon, 1992). Entretanto, em casos onde haja predomínio de inter-relações abaixo da superfície do solo, o crescimento rápido do sistema radical pode ser fator fundamental para o sucesso competitivo das plantas, garantindo-lhes utilização precoce de água e nutrientes (Seibert & Pearce, 1992).

Constatou-se existir diferença na capacidade competitiva de cultivares de cereais de estação fria sob infestação de *Avena fatua* L. (aveia-silvestre) (Satorre & Snaydon, 1992). Todavia, não foi possível aos autores determinar qual característica, radical ou aérea, foi mais importante em predizer a redução do acúmulo de massa pelos cereais em resposta à presença da erva. A importância relativa das características de raízes ou da parte aérea na determinação da habilidade competitiva das plantas depende principalmente das espécies vegetais em competição e da disponibilidade de recursos no ambiente. Certamente, em arroz irrigado, a disputa por radiação solar (luz) apresenta maior relevância do que a competição por outros recursos. Neste sentido, para essa cultura, deve-se concentrar esforços na definição das características de parte aérea de planta que sejam mais relevantes na determinação da capacidade de tolerância ou supressão deste cultivo às plantas daninhas.

Em pesquisa com arroz irrigado, Ni et al. (2000) determinaram, através de análise de regressão linear múltipla, que a velocidade de acúmulo de massa aérea pela cultura até o início do afilhamento (cerca de 35 dias após a semeadura) foi a variável mais importante na predição do acúmulo de massa pelas plantas daninhas presentes na área de cultivo. Essa variável foi fortemente correlacionada com formação de dossel com elevado potencial de captação de

energia radiante, reduzindo a disponibilidade desse recurso às infestantes. No entanto, as bases genética e fisiológica das variáveis envolvidas na competitividade não foram determinadas por essa pesquisa.

Atualmente, a partir da elucidação do genoma do arroz, há perspectiva de se estabelecer com maior precisão os mecanismos genéticos envolvidos na competitividade com plantas daninhas. A identificação de genes que controlem características de plantas cultivadas relacionadas ao sucesso na interferência com plantas daninhas, representa uma possibilidade concreta de aumento desse caráter. Em decorrência, essa linha de pesquisa terá consequência direta na redução dos problemas causados por plantas daninhas, em especial aqueles que se relacionam ao impacto ambiental e às reduções do rendimento e da qualidade dos produtos colhidos (Weller et al., 2000). Um fator que pode dificultar a seleção de genótipos hábeis em competir com plantas daninhas decorre da reduzida variabilidade genética encontrada entre as cultivares mais semeadas no sul do Brasil. De acordo com Bonow et al. (2001), somente seis ancestrais contribuem com 86% dos genes das cultivares mais cultivadas no Rio Grande do Sul.

A hipótese dessa pesquisa é de que existe variação na habilidade competitiva entre cultivares de arroz irrigado, sendo possível identificar características que sejam mais importantes na definição da capacidade competitiva da cultura. Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo identificar características morfológicas e fisiológicas, avaliadas em duas situações de interferência, relacionadas à capacidade competitiva de cultivares de arroz irrigado, a fim de orientar trabalhos de melhoramento vegetal na seleção de genótipos superiores em competir com plantas concorrentes.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a estação estival de crescimento de 2000/2001, na Estação Experimental do Arroz (EEA), pertencente ao Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha, RS. A EEA situa-se à altitude de 7 m sobre o nível do mar, em solo classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (Embrapa, 1999a). As principais características físico-químicas do solo da área experimental foram: argila (%): 16; pH(H₂O): 4,8; índice SMP: 6,0; P (mg.L⁻¹): 17,2; K (mg.L⁻¹): 49; M.O. (%): 1,2; Al (cmol_c.L⁻¹): 0,1; Ca (cmol_c.L⁻¹): 2; Mg (cmol_c.L⁻¹): 0,5; CTC efetiva (cmol_c.L⁻¹): 2,7. O preparo do solo foi realizado através do método convencional, compreendendo operações de lavração e de gradagem. As doses de adubo aplicadas por ocasião da semeadura foram 10 kg.ha⁻¹ de N, 25 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg.ha⁻¹ de K₂O e, em cobertura, aplicou-se 80 kg.ha⁻¹ de N. Essas doses de fertilizantes foram determinadas com base nos resultados da análise do solo.

Os tratamentos testados foram dispostos segundo o delineamento experimental completamente casualizado, em fatorial (8 x 2), com quatro repetições. Cada unidade experimental apresentou área total de 4 m² (2 x 2 m) e área útil de 2,56 m² (1,6 x 1,6 m). Avaliou-se, como um dos fatores, oito cultivares de arroz: Bluebelle, BRS Ligeirinho, El Paso L 144, IAS 12-9 Formosa, IR 841, IRGA 418, IRGA 421 e XL 6. Esses genótipos foram submetidos a duas situações de competição, ausência e presença de simuladora de infestação de arroz-vermelho, no caso a cultivar de arroz EEA 406, estabelecida na densidade média de 30 plantas.m⁻².

A cultivar de arroz EEA 406 apresenta características morfológicas muito semelhantes às do arroz-vermelho. Com a utilização dessa simuladora, alcançou-se controle efetivo da densidade, época de emergência e arranjo de plantas na área, possibilitando atingir-se maior controle do erro experimental. Em estudo sobre habilidade competitiva de genótipos de arroz em situação de sequeiro, utilizaram-se plantas de milho, feijão-caupi e de outras cultivares de arroz para simular a presença de plantas daninhas (Johnson et al., 1999).

A semeadura das cultivares foi realizada no dia 18 de novembro de 2000. A densidade de semeadura foi ajustada para cada cultivar com base no poder germinativo das sementes, obtido em laboratório, almejando-se estabelecer densidade de 300 plantas.m⁻². Contudo, a densidade média de plantas alcançada foi de, aproximadamente, 270 plantas.m⁻². A simuladora do arroz-vermelho foi semeada em linhas perpendiculares às das cultivares testadas, ambas no espaçamento de 20 cm entrelinhas. As plantas daninhas presentes espontaneamente na área foram controladas com aplicação da mistura em tanque dos herbicidas propanil (2850 g.ha⁻¹), triclopyr (300 g.ha⁻¹) e quinclorac (200 g.ha⁻¹). Aos 25 dias após a semeadura (DAS) iniciou-se a irrigação da área por inundação, a qual foi mantida até a ocasião da colheita. As demais práticas de manejo empregadas no experimento foram fundamentadas nas recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (Embrapa, 1999b).

Avaliou-se as seguintes características das cultivares de arroz quando na ausência da simuladora:

- velocidade de emergência (VE): foi avaliada através da contagem das plântulas emergidas (com coleóptilo maior que 1,5 cm) aos 6, 8, 10, 12, 14 e 16 DAS. A unidade amostrada foi 0,5 m de fileira por parcela, sempre no mesmo local. Aos

16 DAS, considerou-se completada a fase de emergência. Com esses dados, calculou-se o índice de velocidade de emergência (IVE) através da equação sugerida por Popinigis (1977): $IVE = N_1/D_1 + N_2/D_2 + N_n/D_n$; onde: IVE = índice de velocidade de emergência; N_1 = número de plântulas emergidas no primeiro dia; N_n = número acumulado de plântulas emergidas; D_1 = primeiro dia de contagem; D_n = número de dias contados após a semeadura;

- área folhar: foi determinada em laboratório, com auxílio de determinador de área folhar (modelo Area Meter 3100), utilizando-se cinco plantas por parcela, amostradas aos 15, 30, 45 e 60 DAS;

- estágio de desenvolvimento do colmo principal: foi observado visualmente em cinco plantas por parcela aos 15, 30, 45 e 60 DAS, utilizando-se escala de desenvolvimento fenológico proposta por Haun (1973);

- estatura de planta: foi medida a estatura da parte aérea, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice das mesmas, com o limbo folhar distendido; para isso, amostrou-se cinco plantas por parcela aos 15, 30, 45 e 60 DAS;

- massa aérea: foi avaliada aos 15, 30, 45 e 60 DAS, através da pesagem de cinco plantas por parcela, após as mesmas serem secas em estufa a 65 °C, até atingirem peso constante;

- cobertura do solo pelas plantas de arroz: foi estimada visualmente por duas pessoas, aos 45 e 60 DAS, utilizando escala de valores percentuais;

- penetração de luz no dossel da cultura: foi determinada aos 70 DAS, utilizando-se um determinador de área folhar, modelo Licor LAI2000, com sensor Licor LI-190SA. Mediu-se a radiação solar incidente acima da comunidade de plantas e,

simultaneamente, próximo à superfície do solo. Com esses dados, calculou-se a porcentagem da radiação que penetrou no dossel da cultura. As leituras foram obtidas ao redor do meio-dia, quando o ângulo solar era próximo de 90° , perpendicularmente à superfície do solo;

- teor de clorofila nas folhas do arroz: foi determinado aos 50 DAS, utilizando-se um clorofilômetro, modelo SPAD. A medida foi realizada no limbo da última folha expandida, em cinco plantas de arroz por unidade experimental.

Aos 60 DAS avaliou-se a massa aérea da simuladora, através da pesagem de cinco plantas por parcela, após as mesmas serem secas em estufa a 65°C , até atingirem peso constante.

Na ocasião da colheita, avaliou-se as seguintes variáveis nas cultivares de arroz:

- duração do ciclo: compreendeu o número de dias decorrentes da semeadura das cultivares até sua respectiva colheita;

- estatura final de planta: foram amostradas ao acaso cinco plantas por parcela, nas quais foi medida a distância da superfície do solo até o ápice das mesmas, com o limbo folhar distendido;

- produtividade de grãos: foi obtida através da colheita manual das panículas de arroz na área útil de cada unidade experimental ($2,56\text{ m}^2$). Após, as panículas foram trilhadas e os grãos pesados. Os resultados de produtividade das cultivares são expressos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, procedendo-se uniformização do teor de umidade para 13 %. Essa variável foi avaliada nas duas situações de interferência, com e sem presença da simuladora. Com esses dados, calculou-se a porcentagem de redução de produtividade de grãos de cada cultivar em presença da simuladora.

Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão linear múltipla, com o objetivo de se identificar que características de planta de arroz foram mais relevantes na predição da habilidade das cultivares em competir com a simuladora de arroz-vermelho. Para isso, considerou-se a redução percentual de produtividade de grãos dos genótipos de arroz, decorrente da interferência exercida pela simuladora, e massa aérea acumulada pela simuladora de arroz-vermelho como variáveis dependentes do modelo, enquanto as demais características avaliadas constituíram-se em variáveis independentes. Adicionalmente, realizou-se análise de correlação linear simples entre as variáveis pesquisadas. Em ambas as análises adotou-se o nível de probabilidade de 5 %. A análise estatística foi realizada através do programa computacional SAS (SAS, 1989).

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas de rendimento de grãos de arroz em decorrência da interferência causada pela simuladora de arroz-vermelho, variaram de 11,5 % na cultivar IR 841 a 41,3 % na cultivar Bluebelle (dados não mostrados). Através da análise de regressão linear múltipla (Tabela 4.1) e (Figura 4.1), determinou-se que a variável cobertura do solo aos 60 DAS foi a característica que, isoladamente, melhor estimou a habilidade competitiva das cultivares. Assim, a capacidade das cultivares em sombrear o solo representou um requisito fundamental para seu sucesso competitivo. A cobertura do solo aos 60 DAS, usada como variável independente no modelo, conseguiu explicar 47 % das variações de redução de produtividade de grãos decorrente da presença da simuladora (Tabela 4.1) e 64 %

Tabela 4.1. Coeficientes de determinação (r^2) das equações de regressão ajustadas pelas variáveis independentes, tendo redução percentual do rendimento de grãos de oito cultivares de arroz decorrente de competição de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho como variável dependente do modelo linear múltiplo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Variáveis independentes do modelo ¹							r^2
Cobertura ² (60 DAS ³)							0,47
Cobertura (60 DAS)	Massa ⁴ (15 DAS)						0,50
Cobertura (60 DAS)	Clorofila ⁵ (50 DAS)	Estatura ⁶ final					0,52
Cobertura (60 DAS)	Massa (15 DAS)	Estatura (15 DAS)	Estatura (60 DAS)				0,55
Cobertura (60 DAS)	Massa (15 DAS)	Estatura (15 DAS)	Estatura (60 DAS)	VE ⁷			0,57
Cobertura (60 DAS)	Massa (15 DAS)	Massa (30DAS)	Estatura (15 DAS)	Estatura (60 DAS)	VE		0,59
Cobertura (60 DAS)	Massa (15 DAS)	Massa (30DAS)	Estatura (15 DAS)	Estatura (60 DAS)	VE	Área folhar (60DAS)	0,61

¹ Referem-se às características das cultivares de arroz.

² Cobertura do solo.

³ DAS= dias após semeadura.

⁴ Massa seca da parte aérea.

⁵ Teor de clorofila folhar.

⁶ Estatura de planta.

⁷ Velocidade de emergência.

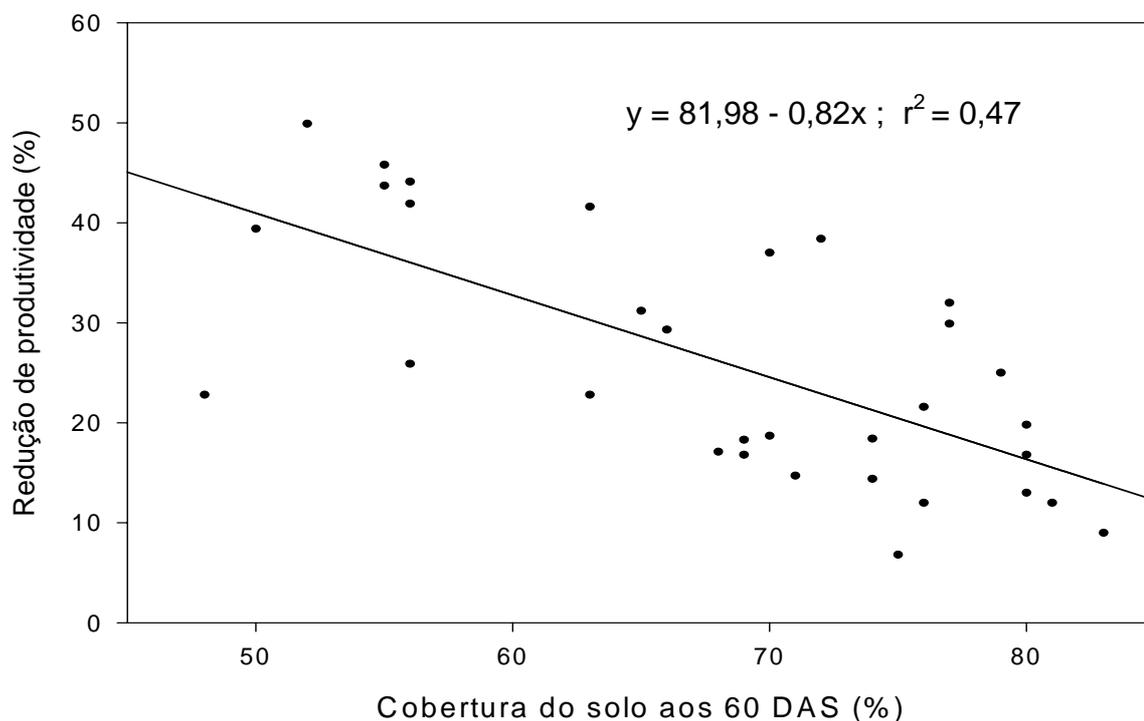


Figura 4.1. Relação entre cobertura do solo proporcionada pelas plantas de oito cultivares de arroz aos 60 dias após semeadura (DAS) e redução do rendimento de grãos das cultivares decorrente da competição de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

das variações de acúmulo de massa aérea na simuladora de arroz-vermelho aos 60 DAS (Tabela 4.2). Em ambos os casos, não houve acréscimo expressivo no coeficiente de determinação (r^2) quando se considerou mais do que uma variável independente no modelo (Tabelas 4.1 e 4.2).

Verificou-se tendência de redução linear na perda de rendimento de grãos das cultivares e na massa aérea acumulada pela simuladora aos 60 DAS, em resposta ao aumento da cobertura do solo proporcionada pelas plantas de arroz aos 60 DAS (Figuras 4.1 e 4.2). Esse fato ocorreu porque, em arroz irrigado, a radiação solar constitui-se no recurso determinante da produtividade, já que a disponibilidade de recursos do solo geralmente não é limitante. Assim, os genótipos que formaram dossel mais denso aos 60 DAS conseguiram utilizar mais intensamente o recurso luz, sombreando as plantas da simuladora de arroz-vermelho.

De acordo com Ngouajio et al. (2001), a elevada capacidade de captação de luz e sombreamento foi fator importante para aumentar a competitividade de plantas de tomate em convivência com *Abutilon theophrasti* Medik. (folha-de-veludo). Por isso, os autores indicaram que a velocidade de incremento em área folhar é a principal característica que deve ser considerada na seleção de genótipos de tomate competitivos com plantas daninhas. A elevada velocidade de expansão da área folhar foi, igualmente, fator fundamental para o sucesso competitivo de *Festuca arundinacea* Schreb. (festuca) em relação à *A. theophrasti* (Forcella, 1987).

Salienta-se que o potencial de sombreamento proporcionado pelas plantas não é decorrente somente do acúmulo de área folhar. Outras características de planta interferem diretamente sobre essa variável, dentre elas destacam-se ,

Tabela 4.2. Coeficientes de determinação (r^2) das equações de regressão ajustadas pelas variáveis independentes, tendo a produção de massa aérea pela simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho em competição com oito cultivares de arroz como variável dependente do modelo linear múltiplo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Variáveis independentes do modelo ¹							r^2
Cobertura ² (60 DAS ³)							0,64
Cobertura (60 DAS) Estatura ⁴ final							0,66
Cobertura (60 DAS) Área ⁵ (45 DAS) Massa ⁶ (45 DAS)							0,68
Cobertura (60 DAS) Área (45 DAS) Massa (45 DAS) Duração do ciclo							0,71
Cobertura (60 DAS) Área (45 DAS) Massa (45 DAS) Cobertura (45 DAS) Estatura final							0,73
Cobertura (60 DAS) Área (45 DAS) Massa (45 DAS) Cobertura (45 DAS) Estatura (45 DAS) Estatura (60 DAS)							0,76
Cobertura (60 DAS) Área (45 DAS) Massa (45 DAS) Cobertura (45 DAS) Estatura (45 DAS) Estatura (60 DAS) Área (45 DAS)							0,77

¹ Referem-se às características das cultivares de arroz.

³ DAS= dias após semeadura.

⁶ Massa seca da parte aérea.

⁴ Estatura de planta.

² Cobertura do solo.

⁵ Área folhar.

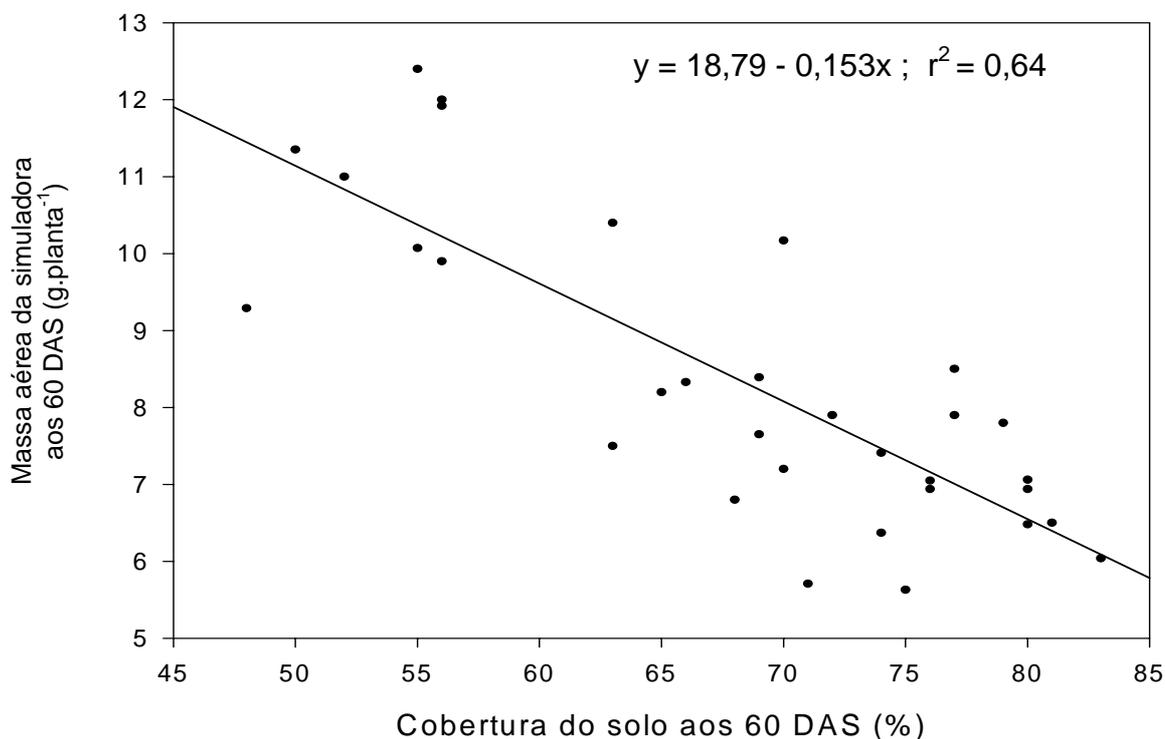


Figura 4.2. Relação entre cobertura do solo proporcionada pelas plantas de oito cultivares de arroz aos 60 dias após semeadura (DAS) e massa seca da parte aérea de simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho aos 60 DAS, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01 .

estatura de planta, número e distribuição das folhas no dossel, ângulo folhar e decumbência do limbo (Begna et al., 2001). Segundo esses autores, o melhoramento vegetal que permitiu aumentar a densidade de plantas e a produtividade dos cultivos trouxe, como conseqüência, alterações morfológicas nas plantas. Em geral, buscou-se selecionar plantas com elevado ângulo folhar, com o objetivo de facilitar a penetração de luz no dossel, mantendo as folhas próximas ao solo fotossinteticamente ativas. Entretanto, a luz que chega à base do dossel também pode ser utilizada e beneficiar o crescimento de plantas daninhas.

A habilidade dos cultivos em ocupar precocemente o espaço acima da superfície do solo constitui-se em fator importante nas relações de interferência planta cultivada - plantas daninhas (Wicks et al., 1986). Contudo, na prática, é difícil realizar-se a seleção de genótipos para habilidade de cobertura do solo, porque essa característica depende de outras variáveis morfofisiológicas. Portanto, é indispensável determinar-se qual característica morfológica ou fisiológica possui maior contribuição na determinação do potencial de cobertura do solo pelas cultivares. Para isso, procedeu-se análise de regressão linear múltipla adicional, através da qual constatou-se que o acúmulo de massa seca na parte aérea das cultivares de arroz aos 15 DAS explicou cerca de 66 % das variações em cobertura do solo proporcionada pelas plantas de arroz aos 60 DAS (Tabela 4.3). Desse modo, há tendência de aumento linear da cobertura do solo proporcionada pelos genótipos da cultura com o incremento de massa acumulada aos 15 DAS pelas plantas de arroz (Figura 4.3).

Também em arroz irrigado, Ni et al. (2000) chegaram a resultados semelhantes, sendo a velocidade de acúmulo de massa aérea pelas plantas de

Tabela 4.3. Coeficientes de determinação (r^2) das equações de regressão ajustadas pelas variáveis independentes, tendo cobertura do solo por oito cultivares de arroz aos 60 dias após semeadura (DAS) como variável dependente do modelo linear múltiplo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Variáveis independentes do modelo ¹							r^2
Massa ² (15 DAS ³)							0,66
VE ⁴ Área ⁵ (60 DAS)							0,74
Massa (15 DAS)	VE	Área (30 DAS)					0,77
Massa (15 DAS)	VE	Área (30 DAS)	Estatura ⁶ (60 DAS)				0,80
Massa (15 DAS)	VE	Área (30 DAS)	Estatura (30 DAS)	Estatura (60 DAS)			0,82
Massa (15 DAS)	Área (60 DAS)	VE	Área (30 DAS)	Área (60 DAS)	Estatura (45 DAS)		0,83
Massa (15 DAS)	Área (60 DAS)	VE	Área (30 DAS)	Área (60 DAS)	Estatura (45 DAS)	Estatura (60 DAS)	0,84

¹ Referem-se às características das cultivares de arroz.

² Massa seca da parte aérea. ³ Dias após semeadura.

⁴ Velocidade de emergência.

⁵ Área folhar.

⁶ Estatura de planta.

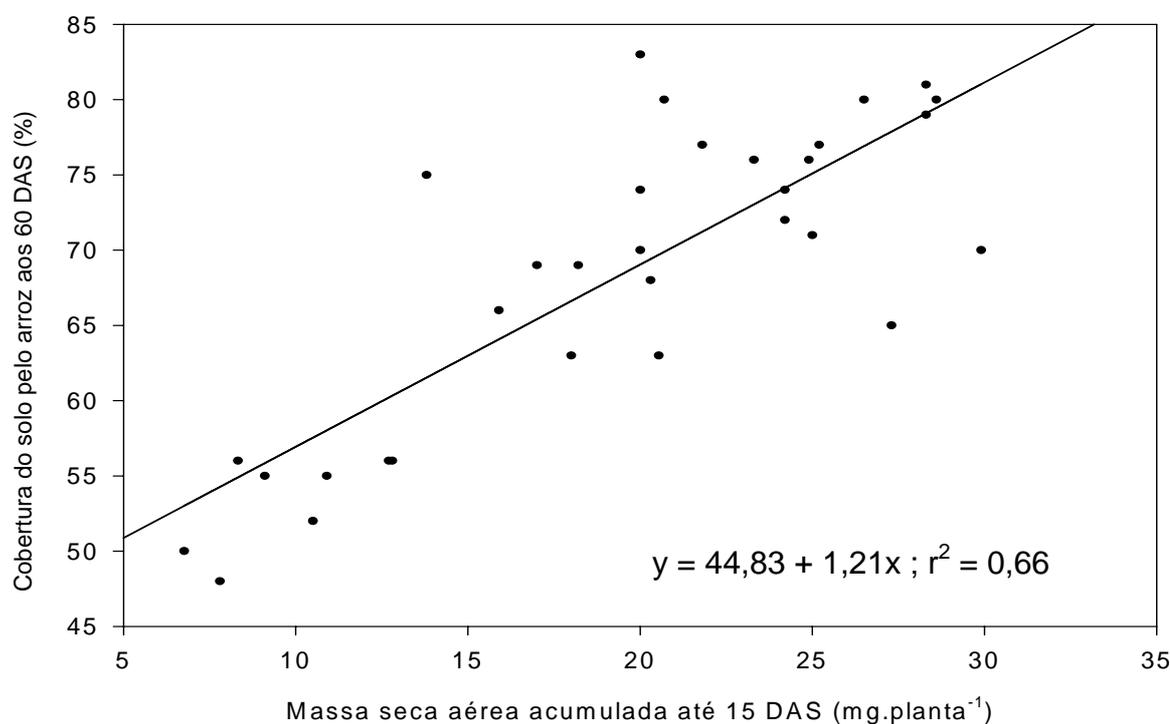


Figura 4.3. Relação entre massa seca acumulada por planta aos 15 dias após semeadura (DAS) e cobertura do solo proporcionada por oito cultivares de arroz aos 60 DAS, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01.

arroz até o início do afilhamento (cerca de 35 DAS) a variável que predisse com maior confiabilidade o acúmulo de massa seca pelas infestantes. Ainda, eles verificaram que as taxas de crescimento relativo e de assimilação líquida e a capacidade de afilhamento não influenciaram significativamente a habilidade competitiva do arroz. Paralelamente, Fofana & Rauber (2000) determinaram que os acúmulos de massa radical e aérea correlacionaram-se negativamente com a massa acumulada pelas invasoras. Em outra pesquisa, Gaudet & Keddy (1988) relataram que a massa acumulada por plantas de 44 espécies explicou cerca de 63 % das variações em sua habilidade competitiva. Por outro lado, Hucl (1997) averiguou que a capacidade de afilhamento de cultivares de trigo foi importante na definição da sua competitividade.

Neste sentido, a identificação das características mais relevantes na definição do potencial competitivo dos genótipos cultivados dependerá tanto das espécies cultivadas e daninhas que convivem na comunidade, como das condições do ambiente em que crescem. Além disso, o primeiro requisito para o sucesso competitivo de genótipos cultivados é sua adaptação ao ambiente (Lemerle et al., 2001).

Em relação ao grau de associação entre as variáveis investigadas, verificou-se correlação elevada e positiva entre massa aérea apresentada pela simuladora de arroz-vermelho aos 60 DAS e redução do rendimento de grãos das cultivares de arroz (Tabela 4.4). Isso demonstra que crescimento elevado de plantas concorrentes, geralmente, reflete-se em reduções acentuadas em rendimento de grãos dos cultivos. Neste sentido, a massa acumulada pela simuladora aos 60 DAS e a redução de rendimento de grãos dos genótipos em resposta à competição representam variáveis que expressam sua habilidade em

competir com infestantes. Observa-se que essas duas variáveis apresentam associação consistente com a cobertura do solo proporcionada pelo arroz aos 60 DAS, concordando com os resultados obtidos pela análise de regressão linear múltipla.

Tabela 4.4. Coeficientes de correlação linear simples entre variáveis analisadas em experimento que avaliou características de oito cultivares de arroz em resposta à presença da simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Características de genótipos de arroz	Cobertura do solo pelas cultivares (60 DAS) ¹	Massa seca aérea da simuladora (60 DAS)	Redução (%) de produtividade das cultivares
Velocidade de emergência	0,74 ** ²	-0,54 **	-0,41 *
Área folhar (15 DAS)	0,80 **	-0,63 **	-0,47 **
Área folhar (30 DAS)	0,75 **	-0,57 **	-0,43 *
Área folhar (45 DAS)	0,53 **	-0,53 **	-0,39 *
Área folhar (60 DAS)	0,50 **	-0,44 *	-0,39 *
Estádio de desenvolvimento (15 DAS)	0,40 * ³	-0,19 ns	-0,22 ns
Estádio de desenvolvimento (30 DAS)	0,59 **	-0,44 *	-0,24 ns
Estádio de desenvolvimento (45 DAS)	0,33 ns ⁴	-0,06 ns	-0,26 ns
Estádio de desenvolvimento (60 DAS)	0,35 *	-0,34 ns	-0,06 ns
Estatura de planta (15 DAS)	0,70 **	-0,60 **	-0,45 ns
Estatura de planta (30 DAS)	0,35 *	-0,32 ns	-0,20 ns
Estatura de planta (45 DAS)	0,37 *	-0,37 *	-0,23 ns
Estatura de planta (60 DAS)	0,20 ns	-0,15 ns	0,01 ns
Estatura na colheita	-0,07 ns	0,18 ns	0,13 ns
Massa seca da parte aérea (15 DAS)	0,80 **	-0,67 **	-0,45 **
Massa seca da parte aérea (30 DAS)	0,67 **	-0,51 **	-0,36 *
Massa seca da parte aérea (45 DAS)	0,40 *	-0,34 ns	-0,24 ns
Massa seca da parte aérea (60 DAS)	0,26 ns	-0,26 ns	-0,17 ns
Teor de clorofila folhar (50 DAS)	-0,47 **	0,38 *	0,18 ns
Cobertura do solo (45 DAS)	0,91 **	-0,69 **	-0,61 **
Cobertura do solo (60 DAS)	-	-0,80 **	-0,68 **
Penetração de luz no dossel	-0,81 **	0,65 **	0,48 **
Duração do ciclo	-0,02 ns	0,13 ns	-0,02 ns
Produtividade livre de infestação	0,37 *	-0,35 *	-0,20 ns
Produtividade sob infestação	0,67 **	-0,74 **	-0,70 **
Redução de produtividade	-0,68 **	0,88 **	-
Massa seca da parte aérea da simuladora (60 DAS)	-0,80 **	-	0,88 **

¹ Dias após semeadura.

²** Coeficientes significativos a 1% de probabilidade.

³* Coeficientes significativos a 5% de probabilidade.

⁴ ns Coeficientes não significativos.

Destaca-se a associação significativa entre massa aérea das cultivares aos 15 DAS e cobertura do solo proporcionada pela cultura aos 60 DAS (Tabela 4.4). Todavia, outras variáveis morfológicas de início do ciclo também apresentaram forte associação com cobertura do solo aos 60 DAS, dentre elas destacam-se:

velocidade de emergência, estatura de planta aos 15 DAS e área folhar acumulada até os 30 DAS. Esses resultados indicam que o crescimento rápido da planta conferirá mais tarde elevado potencial de sombrear as plantas daninhas e, conseqüentemente, garantirá menor redução de rendimento devido à interferência de plantas daninhas.

Ao se examinar a Tabela 4.4, verifica-se que, em especial para as características área folhar, estatura de planta e massa seca aérea, ocorreu associações muito maiores em relação à cobertura de solo, massa aérea acumulada pela simuladora e redução de produtividade das cultivares na avaliação aos 15 DAS. Após, gradativamente, as associações diminuíram ou não existiram. Neste sentido, as cultivares que apresentaram plantas com maior área de folhas, estatura e massa aérea no início do ciclo foram aquelas mais competitivas. Essas características também foram fundamentais em dotar de alto potencial de cobrir o solo aos 60 DAS, o que foi decisivo para o sucesso competitivo dos genótipos.

A capacidade competitiva de vegetais está diretamente associada à sua habilidade em ocupar precocemente o espaço, indisponibilizando recursos ao seu vizinho (Fischer & Miles, 1973). Os mesmos autores determinaram, através de uma análise teórica, que quanto mais precoce for a ocupação do espaço por um vegetal, maior será o volume aéreo e edáfico ocupado e explorado; este volume, por sua vez, está associado ao potencial de produção da planta.

Em acréscimo, detectou-se forte associação negativa entre cobertura do solo aos 60 DAS e penetração de luz através do dossel (Tabela 4.4), confirmando que cultivares que apresentam maior capacidade em cobrir o solo também permitiram menor disponibilidade de luz para plantas concorrentes. Em adição,

constatou-se não haver associação entre duração de ciclo de desenvolvimento do arroz e estatura final de planta com redução de rendimento de grãos das cultivares e massa apresentada pela simuladora de arroz-vermelho aos 60 DAS (Tabela 4.4). Em decorrência, os programas de melhoramento vegetal que visam conferir maior competitividade aos genótipos de arroz em relação ao arroz-vermelho não teriam retorno ao investir nessas características de planta para buscar sucesso competitivo da cultura. Ainda, observa-se não existir correlação entre produtividade de grãos em situação livre de simuladora e redução de rendimento de grãos decorrente da interferência de simuladora (Tabela 4.4), demonstrando existir a possibilidade de obtenção de genótipos de arroz que apresentem simultaneamente elevado potencial produtivo e competitivo.

4.5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- A capacidade de plantas de arroz irrigado em sombrear o solo aos 60 dias após a semeadura é a característica que confere maior habilidade ao genótipo em competir com simuladora de arroz-vermelho.
- A capacidade do arroz em sombrear o solo aos 60 dias após a semeadura associa-se ao acúmulo de massa aérea pelas plantas da cultura aos 15 dias após a semeadura.
- A velocidade de acúmulo de massa na parte aérea de genótipos de arroz irrigado na fase inicial de crescimento é característica indicadora de elevada competitividade com simuladora de arroz-vermelho.

- O crescimento rápido de plantas de arroz confere elevada velocidade de ocupação do espaço aéreo e elevada competitividade com simuladora de arroz-vermelho.

- A estatura final de planta e a duração do ciclo de desenvolvimento da cultivar de arroz não apresentam associação com o potencial competitivo do genótipo.

DISCUSSÃO GERAL

As cultivares de arroz investigadas apresentam variações acentuadas em suas velocidades de emergência em situação de campo (Figura 1.1, página 16) e em casa-de-vegetação (Tabela 1.1, página 17). Em campo, a cultivar XL 6 apresentou 50% de sementes emergidas aos 8 DAS, enquanto Bluebelle alcançou esse patamar somente aos 12 DAS (Figura 1.1), demonstrando, desta forma, a possibilidade concreta de se selecionar genótipos com o objetivo de colocar a cultura em situação competitiva vantajosa desde o início do seu ciclo. Entretanto, essas variações também podem estar associadas à qualidade fisiológica das sementes. Assim, para se obter resultados consistentes em relação à rapidez de emergência de sementes de diferentes cultivares, é necessário utilizar-se propágulos provenientes de mesmo ambiente (local e ano). Além disso, é importante repetir-se a comparação em condições ambientais distintas, já que estas, principalmente temperatura e umidade do solo, influenciam diretamente no processo germinativo das sementes.

A rápida emergência de sementes de arroz propiciou acelerado estabelecimento e crescimento de plantas, favorecendo a ocupação precoce do espaço e, deste modo, obtendo vantagem na utilização de recursos do meio. Neste sentido, a habilidade competitiva de cártamo com plantas daninhas correlacionou-se com acúmulo de massa pela cultura nos estádios iniciais de seu desenvolvimento (Paolini et al., 1998). Em adição, Diarra et al. (1985)

constataram que, em geral, plantas de arroz-vermelho apresentam vantagem competitiva sobre arroz cultivado principalmente devido à rápida emergência observada em arroz-vermelho. A massa acumulada pelo arroz aos 15 dias após semeadura (DAS) apresentou forte associação com a cobertura do solo proporcionada pela cultura tanto aos 45 DAS ($r=0,73$) quanto aos 60 DAS ($r=0,81$). Neste sentido, Ni et al. (2000) também constataram que o acúmulo de massa aérea pelo arroz está relacionado à capacidade competitiva da cultura. Os genótipos XL 6 e Ligeirinho destacaram-se por elevados investimentos em área folhar (Figuras 2.1 e 2.2, página 37), massa aérea (Figuras 2.7 e 2.8, página 42) e estatura de planta (Figura 2.6, página 40) até os 60 DAS. Disso decorre que essas cultivares formaram dosséis amplos, que propiciaram elevada tomada do espaço aos 60 DAS (Tabela 2.2, página 46). Segundo Blackshaw (1994), em trigo, a rapidez de tomada do espaço aéreo constitui-se em importante característica para o sucesso competitivo da cultura.

Todavia, destaque-se que o genótipo IR 841 apresentou velocidades de estabelecimento e crescimento de planta intermediárias, ao mesmo tempo em que demonstrou possuir, dentre os genótipos testados, o maior potencial de sombreamento do solo entre 45 e 60 DAS (Tabela 2.2). É provável que este desempenho ocorresse devido à elevada razão de área folhar apresentada por IR 841 (Tabela 2.1, página 45), aliada à reduzida estatura de planta observada nesta cultivar até 60 DAS (Figura 2.6, página 40), fatos que proporcionam elevada expansão lateral e cobertura do solo.

Em relação à taxa de crescimento relativo (TCR) e à taxa de assimilação líquida (TAL), determinadas entre 15 e 60 DAS, averiguou-se que, em geral, os genótipos Formosa e Bluebelle apresentaram altas taxas no período investigado,

embora apresentassem reduzidas massa e área folhar aos 15 DAS. Entretanto, seria importante que se determinassem tais variáveis em estádios ainda mais iniciais do desenvolvimento da cultura, talvez desde a emissão das primeiras folhas. É provável que, neste período inicial, Formosa e Bluebelle apresentassem TCR e TAL muito baixas.

As cultivares que originaram menores reduções de rendimento de grãos, quando em presença da simuladora de arroz-vermelho, foram aquelas que apresentaram maior habilidade em sombrear as plantas vizinhas, reduzindo a disponibilidade de luz às plantas circunvizinhas. Desse modo, IR 841, Ligeirinho e XL 6 foram os genótipos mais hábeis em competir com a simuladora (Tabela 3.3, página 63). Por outro lado, as cultivares que apresentaram baixas velocidades de estabelecimento e crescimento de plantas, também demonstraram reduzida habilidade de sombrear o ambiente aéreo, originando elevadas reduções de rendimento de grãos sob competição. Em média, o componente do rendimento de grãos de arroz mais afetado pela interferência da simuladora foi número de panículas por área (Tabela 3.1, página 61), indicando que a competição pelos recursos do meio ocorreu desde o início do ciclo da cultura, com provável redução na emissão de afilhos pelo arroz.

Constata-se que, em geral, as menores reduções de rendimento de grãos dentre as cultivares estudadas, quando na presença da competidora, acompanharam os menores acúmulos de massa e produção de sementes pelas plantas da simuladora (Tabelas 3.4 e 3.5, páginas 68 e 69). Portanto, a utilização de cultivares de arroz com elevada capacidade competitiva com plantas daninhas apresenta, adicionalmente ao efeito de reduzir ao mínimo o potencial de

produtividade da cultura, o de limitar a reinfestação da área com sementes de arroz-vermelho, acarretando benefício em cultivos subseqüentes.

Dentre as características morfofisiológicas investigadas em genótipos de arroz irrigado, a cobertura do solo aos 60 DAS foi aquela que, isoladamente, melhor estimou a capacidade competitiva das cultivares (Tabelas 4.1 e 4.2, páginas 81 e 83). Quanto maior foi a cobertura do solo fornecida pelas plantas de arroz nesta época, menores foram as reduções de rendimento de grãos da cultura e da quantidade de massa acumulada pela simuladora de arroz-vermelho. Paralelamente, verificou-se que a cobertura do solo aos 60 DAS foi altamente associada à velocidade de acúmulo de massa pela cultura aos 15 DAS (Tabela 4.3, página 85). Essa característica, por sua vez, foi fortemente correlacionada com a velocidade de emergência da cultura ($r=0,68$). Evidencia-se, desta forma, que a rapidez de ocupação do espaço e a utilização precoce de recursos constituem-se em requisito fundamental para o sucesso competitivo do arroz em associação com arroz-vermelho. De outro modo, estatura final de planta e duração do ciclo de desenvolvimento não apresentaram efeitos significativos na caracterização da habilidade competitiva do arroz. Em parte, esse resultado pode decorrer do universo relativamente pequeno de genótipos participantes da pesquisa.

Vários trabalhos apontam existir associação negativa entre capacidade produtiva de grãos de genótipos e habilidade competitiva com plantas daninhas (Kawano et al., 1974; Smith Jr., 1988). Segundo Fischer et al. (1995), isto ocorre porque cultivares ditas 'tradicionais', geralmente apresentam maiores estatura de planta, duração de ciclo e área folhar por planta, elevando a capacidade competitiva desses genótipos. Contudo, os resultados obtidos nesta pesquisa

revelam que, em arroz irrigado, aparentemente não há associação entre capacidade produtiva e habilidade competitiva (Tabela 4.4, página 87). Evidentemente, essas associações dependem de uma série de variáveis relacionadas à cultura, espécies competidoras e condições do ambiente.

Enfatiza-se, também, que os resultados obtidos nesta pesquisa se referem a apenas um experimento em campo. Considera-se ser necessário conduzir pesquisas com maior número de genótipos, em diferentes locais e anos, as quais devem investigar em maior profundidade as interações cultura - plantas daninhas, com o intuito de se determinar com maior solidez características de planta cultivada relevantes na definição do potencial competitivo. Posteriormente, através do melhoramento de plantas, pode-se partir para o desenvolvimento de cultivares que apresentem atributos que lhes confirmem elevada competitividade com plantas daninhas, aliada à obtenção de elevadas produtividades de grãos.

CONCLUSÕES GERAIS

A pesquisa comprovou existir variabilidade em características morfofisiológicas de genótipos de arroz irrigado, o que se reflete em habilidades competitivas diferenciadas com simuladora de arroz-vermelho. A rapidez de estabelecimento e de crescimento inicial de plantas de arroz possibilita ocupação precoce do nicho (espaço), reduzindo o aporte de recursos às plantas de arroz-vermelho, o que diminui o potencial de dano desta planta daninha à cultura. Cultivares de arroz com rápido crescimento inicial conseguem sombrear precocemente plantas infestantes já durante a fase vegetativa do cultivo, o que lhes confere maior habilidade em competir com sucesso com simuladora de arroz-vermelho. A velocidade de crescimento inicial das cultivares de arroz é fortemente relacionada à rapidez de emergência das sementes.

Programas de pesquisas a serem desenvolvidos por herbologistas e/ou melhoristas vegetais que almejem buscar maior competitividade em arroz, devem considerar prioritariamente a velocidade de acúmulo de massa pelas plantas até duas semanas após semeadura, a qual influenciará diretamente na captação e utilização posterior da radiação solar pelo dossel da cultura. O teor de clorofila nas folhas de arroz, estatura final de planta e duração do ciclo das cultivares não mostram associação com o potencial competitivo de arroz irrigado. O sucesso competitivo deste cultivo com arroz-vermelho poderá ser conseguido através de rápidas emergência e crescimento inicial de plantas da cultura, o que proporciona

elevado potencial de sombreamento das plantas daninhas, levando a menores reduções de rendimento de grãos. Nesta pesquisa, não se constatou associação entre níveis de produtividade de grãos de arroz inerentes aos genótipos e caráter competitivo com simuladora de arroz-vermelho. Assim, as cultivares XL 6, que detém elevada produtividade em monocultivo, juntamente com IR 841 e Ligeirinho, apresentam elevado potencial em competir com simuladora de arroz-vermelho, enquanto Formosa e Bluebelle apresentam reduzida competitividade.

O cultivo de genótipos de arroz hábeis em competir com arroz-vermelho constitui-se em alternativa importante a ser adotada em sistemas de manejo integrado de plantas daninhas. Uma cultivar competitiva proporciona menor perda de rendimento de grãos, devido, principalmente, à preservação do número de panículas produzidas por área e do número de grãos formados por panícula de arroz. Paralelamente, essa cultivar ocasiona redução na quantidade de propágulos produzidos pelas infestantes, diminuindo o reabastecimento de diásporos no banco de sementes do solo. Em adição, a utilização de genótipos com maior potencial competitivo pode levar à redução do uso de herbicidas, diminuindo os custos da lavoura e os problemas potenciais que seu uso intensivo ocasionam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, D.; FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; MEROTTO JR., A.; VIDAL, R.A. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.2, p.341-349, 2001.

AGRIANUAL 99. **Anuário Estatístico 1999**. Rio de Janeiro: FNP Consultoria & Comércio, 1999. 956p.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M.; SANGOI, L. Conceito de ideotipo e seu uso no aumento do rendimento potencial de cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.2, p.325-332, 1998.

ALTIERI, M.A.; LIEBMAN, M. **Weed management in agroecosystems: ecological approaches**. Boca Raton: CRC Press, 1988. 354p.

BEGNA, S.H.; HAMILTON, R.I.; DWYER, L.M.; STEWART, D.W.; CLOUTIER, D.; ASSEMAT, L.; FOROUTAN-POUR, K.; SMITH, D.L. Morphology and yield response to weed pressure by corn hybrids differing in canopy architecture. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.14, n.4, p.293-302, 2001.

BENNETT, A.C.; SHAW, D.R. Effect of *Glycine max* cultivar and weed control on weed seed characteristics. **Weed Science**, Lawrence, v.48, n.4, p.431-435, 2000.

BENVENUTI, S.; MACCHIA, M.; MIELE, M. Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. **Weed Science**, Lawrence, v.49, n.4, p.528-535, 2001.

BEWLEY, J.D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, Rockville, v.9, n.7, p.1055-1066, 1997.

BINGHAM, I.J. A comparison of the dynamics of root growth and biomass partitioning in wild oat (*Avena fatua* L.) and spring wheat. **Weed Research**, Oxford, v.35, n.1, p.57-66, 1995.

BLACKSHAW, R.E. Differential competitive ability of winter wheat cultivars against downy brome. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.4, p.649-654, 1994.

BONOW, S.; AUGUSTIN, E.; FRANCO, D.F.; PETERS, J.A.; TERRES, A.L.S. Caracterização isoenzimática de genótipos de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, p.291-300, 2001.

CASTRO, C.R.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.167-174, 1996.

CATON, B.P.; FOIN, T.C.; HILL, J.E. Mechanisms of competition for light between rice (*Oryza sativa*) and redstem (*Ammannia* spp.). **Weed Science**, Lawrence, v.45, n.2, p.269-275, 1997.

CHIKOYE, D.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J. Influence of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) time of emergence and density on white bean (*Phaseolus vulgaris*). **Weed Science**, Champaign, v.43, n.3, p.375-380, 1995.

COUSENS, R.D.; MOKHTARI, S. Seasonal and site variability in the tolerance of wheat cultivars to interference from *Lolium rigidum*. **Weed Research**, Oxford, v.38, n.4, p.301-307, 1998.

DIARRA, A.; SMITH JR., R.J.; TALBERT, R.E. Growth and morphological characteristics of red rice (*Oryza sativa*) biotypes. **Weed Science**, Champaign, v.33, n.3, p.310-314, 1985.

DIELEMAN, A.; HAMILL, A.S.; FOX, G.C.; SWANTON, C.J. Decision rules for postemergence control of pigweed (*Amaranthus* spp.) in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v.44, n.1, p.126-132, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999a. 412 p.

EMBRAPA. Clima Temperado (Pelotas). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Porto Alegre:IRGA; Florianópolis: EPAGRI, 1999b. 124 p.

FIRBANK, L.G.; WATKINSON, A.R. On the analysis of competition within two-species mixtures of plants. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, n.2, v.22, p.503-517, 1985.

FISCHER, A.; CHATEL, M.; RAMIREZ, H.; GUIMARAES, E. Components of early competition between upland rice (*Oryza sativa* L.) and *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A.Rich) Stapf. **International Journal of Pest Management**, London, v.41, n.2, p.100-103, 1995.

FISCHER, R.A.; MILES, R.E. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. **Mathematical Biosciences**, New York, v.18, p.335-350, 1973.

FISCHER, A.; RAMIREZ, H. V.; LOZANO, J. Suppression of junglerice [*Echinochloa colona* (L.) Link] by irrigated rice cultivars in Latin America. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.3, p.516-521, 1997.

FLECK, N.G. Competição de azevém (*Lolium multiflorum* L.) com duas cultivares de trigo. **Planta Daninha**, Piracicaba, v.3, n.2, p.61-67, 1980.

FOFANA, B.; RAUBER, R. Weed suppression ability of upland rice under low-input conditions in West Africa. **Weed Research**, Oxford, v.40, n.3, p.271-280, 2000.

FORCELLA, F. Tolerance of weed competition associated with high leaf-area expansion rate in tall fescue. **Crop Science**, Madison, v.27, n.1, p.146-147, 1987.

GARRITY, D.P.; MOVILLON, M.; MOODY, K. Differential weed suppression ability in upland rice cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.4, p.586-591, 1992.

GAUDET, C.L.; KEDDY, P.A. A comparative approach to predicting competitive ability from plant traits. **Nature**, London, v.334, n.6179, p.242-243, 1988.

GIBSON, K.D.; HILL, J.E.; FOIN, T.C.; CATON, B.P.; FISCHER A.J. Water-seeded rice cultivars differ in ability to interfere with watergrass. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, n.3, p.326-332, 2001.

GRUNDY, A.C.; BOND, W.; BURSTON, S. Weed suppression by crops. In: THE 1999 BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 1999, Brighton. **Resumos...** Brighton: British Crop Protection Council, 1999. p.957-962.

GUNEYLI, E.; BURNSIDE, O.C.; NORDQUIST P.T. Influence of seedling characteristics on weed competitive ability of sorghum hybrids and inbred lines. **Crop Science**, Madison, v.9, n.6, p.713-716, 1969.

HASHEM, A.; RADOSEVICH, S.R.; ROVSH, M.L. Effect of proximity factors on competition between winter wheat (*Triticum aestivum*) and italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). **Weed Science**, Lawrence, v.46, n.2, p.181-190, 1998.

HAUN, J.R. Visual quantification of wheat development. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.1, p.116-119, 1973.

HORAK, M.J.; LOUGHIN, T.M. Growth analysis of four *Amaranthus* species. **Weed Science**, Lawrence, v.48, n.3, p.347-355, 2000.

HUCL, P. Response to weed control by four spring wheat genotypes differing in competitive ability. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.78, n.1, p.171-173, 1997.

IRGA. **O arroz na conjuntura**. Boletim do IRGA, Porto Alegre, v.1, n.1, março/2001. p.1-4.

JANNINK, J.L.; ORF, J.H.; JORDAN, N.R.; SHAW, R.G. Index selection for weed suppressive ability in soybean. **Crop Science**, Madison, v.40, n.4, p.1087-1094, 2000.

JOHNSON, D.E.; DINGKUHN, M.; JONES, M.P.; MAHAMANE, M.C. The influence of rice plant type on the effect of weed competition on *Oryza sativa* and *Oryza glaberrima*. **Weed Research**, Oxford, v.38, n.3, p.207-216, 1998.

JOHNSON, D.E.; JONES, M.P.; DINGKUHN, M.; MAHAMANE, M.C. The response of *O. glaberrima*, *O. sativa* and an interspecific hybrid rice cultivar to weed competition. In: THE 1997 BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 1997, Brighton. **Resumos...** Brighton: British Crop Protection Council, 1997. p.197-202.

JOHNSON, D.E.; JONES, M.P.; MAHAMANE, M.C. Screening for weed competitiveness among selections of rice in West Africa. In: THE 1999 BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 1999, Brighton. **Resumos...** Brighton: British Crop Protection Council, 1999. p.963-968.

KAWANO, K.; GONZALEZ, H.; LUCENA, M. Intraspecific competition with weeds, and spacing response in rice. **Crop Science**, Madison, v.14, n.4, p.841-845, 1974.

KHUSH, G.S. Breaking the yield frontier of rice. **Geo Journal**, Manila, v.35, n.3, p.329-332, 1995.

KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. 853 p.

KNEZEVIC, S.Z.; HORAK, M.J. Influence of emergence time and density on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). **Weed Science**, Lawrence, v.46, n.6, p.665-672, 1998.

KORRES, N.E.; FROUD-WILLIAMS, R.J. The use of varietal selection and seed rates for enhanced weed suppression in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). In: THE 1997 BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE - WEEDS, 1997, Brighton. **Resumos...** Brighton : British Crop Protection Council, 1997. p.667-668.

KROPFF, M.J.; LOTZ, L.A.P. Optimization of weed management systems: the role of ecological models of interplant competition. **Weed Technology**, Champaign, v.6, n.2, p. 462-470, 1992.

KROPFF, M.J.; SPITTERS, C.J.T. A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of the weeds. **Weed Research**, Oxford, v.31, n.2, p.97-105, 1991.

KWON, S.L.; SMITH JR., R.J.; TALBERT, R.E. Interference durations of red rice (*Oryza sativa*) in rice (*Oryza sativa*). **Weed Science**, Champaign, v.39, n.3, p.363-368, 1991.

LANNING, S.P.; TALBERT, L.E.; MARTIN, J.M.; BLAKE T.K.; BRUCKNER, P.L. Genotype of wheat and barley affects light penetration and wild oat growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.1, p.100-103, 1997.

LEMERLE, D.; VERBEEK, B.; COOMBES, N.E. Losses in grain yield of winter crops from *Lolium rigidum* competition depend on crop species, cultivar and season. **Weed Research**, Oxford, v.35, n.6, p.503-509, 1995.

LEMERLE, D.; VERBEEK, B.; ORCHARD, B. Ranking the ability of wheat varieties to compete with *Lolium rigidum*. **Weed Research**, Oxford, v.41, n.3, p.197-209, 2001.

LINDQUIST, J.L.; MORTENSEN, D.A. Tolerance and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) suppressive ability of two old and two modern corn (*Zea mays*) hybrids. **Weed Science**, Lawrence, v.46, n.5, p.569-574, 1998.

MARCHEZAN, E. Arroz vermelho: caracterização, prejuízos e controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, n.2, p.415-421, 1994.

MARTIN, M.P.L.D.; FIELD, R.J. Influence of time of emergence of wild oat on competition with wheat. **Weed Research**, Oxford, v.28, n.2, p.111-116, 1988.

McDONALD, A.J.; RIHA, S.J. Model of crop:weed competition applied to maize: *Abutilon theophrasti* interactions. II. Assessing the impact of climate: implications for economic thresholds. **Weed Research**, Oxford, v.39, n.5, p.371-381, 1999.

MENEZES, V.G.; PEIXOTO, C.; REZERA, F. Competição entre arroz cultivado e arroz vermelho, em dois níveis de fertilidade do solo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p.271-273.

MENEZES, V.G.; SILVA, P.R.F.da. Manejo de arroz vermelho através do tipo e arranjo de plantas em arroz irrigado. **Planta Daninha**, Botucatu, v.16, n.1, p.45-57, 1998.

MONKS, D.W.; OLIVER, L.R.; BOZSA, R.C. Seedling growth of soybeans (*Glycine max*) and selected weeds. **Weed Science**, Champaign, v.36, n.2, p.167-171, 1988.

NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; CARMONA, P.S. A cultura do arroz e avanços no melhoramento. In: Produção de arroz irrigado. Ed. Silmar T. Peske, Jorge L. Nedel, Antônio C.S.A. Barros. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1998. 659p. cap. 1, p.11-67.

NGOUAJIO, M.; McGIFFEN JR., M.E.; HEMBREE, K.J. Tolerance of tomato cultivars to velvetleaf interference. **Weed Science**, Lawrence, v.49, n.1, p.91-98, 2001.

NI, H.; MOODY, K.; ROBLES, R.P.; PALLER, E.C.; LALES, J.S. *Oryza sativa* plant traits conferring competitive ability against weeds. **Weed Science**, Lawrence, v.48, n.2, p.200-204, 2000.

O'DONOVAN, J.T.; HARKER, K.N.; CLAYTON, G.W.; HALL, L.M. Wild oat (*Avena fatua*) interference in barley (*Hordeum vulgare*) is influenced by barley variety and seeding rate. **Weed Technology**, Lawrence, v.14, n.3, p.624-629, 2000.

O'DONOVAN, J.T.; ST.REMY, E.A. de; O'SULLIVAN, P.A.; DEW, D.A.; SHARMA, A.K. Influence of the relative time of emergence of wild oat (*Avena fatua*) on yield loss of barley (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum aestivum*). **Weed Science**, Champaign, v.33, n.4, p.498-503, 1985.

OGG JR., A.G.; SEEFELDT, S.S. Characterizing traits that enhance the competitiveness of winter wheat (*Triticum aestivum*) against jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*). **Weed Science**, Lawrence, v.47, n.1, p.74-80, 1999.

OLOFSDOTTER, M. Rice-a step toward use of allelopathy. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, n.1, p.3-8, 2001.

OLOFSDOTTER, M.; MALLIK, A.U. Allelopathy Symposium - Introduction. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, n.1, p.1, 2001.

OLOFSDOTTER, M.; NAVAREZ, D.; REBULANAN, M.; STREIBIG, J.C. Weed-suppressing rice cultivars - does allelopathy play a role? **Weed Research**, Oxford, v.39, n.6, p.441-454, 1999.

ORTIZ, A.; LIZARO, J.; LÓPEZ, L. Caracterização morfológica de ecótipos de arroz vermelho e variedades de arroz na Venezuela. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: EPAGRI, 1997. p. 475-477.

PAOLINI, R.; DEL PUGLIA, S.; PRINCIPI, M. Competition between safflower and weeds as influenced by crop genotype and sowing time. **Weed Research**, Oxford, v.38, n.4, p.247-255, 1998.

PAOLINI, R.; PRINCIPI, M.; FROUD-WILLIAMS, R.J.; DEL PUGLIA, S.; BIANCARDI, E. Competition between sugarbeet and *Sinapis arvensis* and *Chenopodium album*, as affected by timing of nitrogen fertilization. **Weed Research**, Oxford, v.39, n.6, p.425-440, 1999.

PARANHOS, J.T; MARCHEZAN, E.; DUTRA, L.M.C.; AUDE, M.I. Índice de área foliar de três cultivares de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.21, n.1, p.35-41, 1991.

PERATA, P.; MATSUKURA, C.; VERNIERI, P.; YAMAGUCHI, J. Sugar repression of a gibberellin-dependent signaling pathway in barley embryos. **The Plant Cell**, Rockville, v.9, n.12, p.2197-2208, 1997.

PITELLI, R.A. **Competição por nutrientes entre a cultura do arroz e a comunidade infestante**. Efeitos do espaçamento e da fertilização nitrogenada. Piracicaba: USP, 1981. 80f. Tese (Doutorado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, USP, Piracicaba, 1981.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da Semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology**. 2.ed. New York: Wiley, 1997. 588p.

RASMUSSEN, K.; RASMUSSEN, J. Barley seed vigour and mechanical weed control. **Weed Research**, Oxford, v.40, n.2, p.219-230, 2000.

RERKASEM, K.; STERN, W.R.; GOODCHILD, N.A. Associated growth of wheat and annual ryegrass. II* Effect of varying the time of ryegrass germination in stands of wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.31, n.4, p.659-672, 1980.

ROMAN, E.S.; THOMAS, A.G.; MURPHY, S.D.; SWANTON, C.J. Modeling germination and seedling elongation of common lambsquarters (*Chenopodium album*). **Weed Science**, Lawrence, v.47, n.1, p.149-155, 1999.

SAS - Institute Statistical Analysis System. **User's guide**. Version 6. 4.ed. North Caroline, 1989. 846p.

SATORRE, E.H.; SNAYDON, R.W. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. **Weed Research**, Oxford, v.32, n.1, p.45-55, 1992.

SEEVERS, G.P.; WRIGHT, K.J. Crop canopy development and structure influence weed suppression. **Weed Research**, Oxford, v.39, n.4, p.319-328, 1999.

SEEFELDT, S.S.; OGG JR., A.G.; HOU, Y. Near-isogenic lines for *Triticum aestivum* height and crop competitiveness. **Weed Science**, Lawrence, v.47, n.3, p.316-320, 1999.

SEIBERT, A.C.; PEARCE, R.B. Growth analysis of weed and crop species with reference to seed weight. **Weed Science**, Champaign, v.41, n.1, p.52-56, 1993.

SHURTLEFF, J.L.; COBLE, H.D. The interaction of soybean (*Glycine max*) and five weed species in the greenhouse. **Weed Science**, Champaign, v.33, n.5, p.669-672, 1985.

SIDDIQUE, K.H.M.; BELFORD, R.K.; PERRY, M.W.; TENNANT, D. Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a mediterranean - type environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.40, n.3, p.473-487, 1989.

SILVA, P.R.F.da; MARIOT, C.H.; MENEZES, V.G.; CARMONA, R.C.; TEICHMANN, L.L. Competição intra-específica em plantas de arroz irrigado em função de densidade de semeadura e adubação nitrogenada. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p.216-218.

SINHA, S.K.; AGGARWAL, P.K.; CHATURVEDI, G.S.; KOUNDAL, K.R.; KHANNA-CHOPRA, R. A comparison of physiological and yield characters in old and new wheat varieties. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.97, n.1, p.233-236, 1981.

SMITH JR., R.J. Competition of barnyardgrass with rice cultivars. **Weed Science**, Champaign, v.22, n.5, p.423-426, 1974.

SMITH JR., R.J. Weed thresholds in Southern U.S. rice, *Oryza sativa*. **Weed Technology**, Champaign, v.2, n.3, p.232-241, 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.

URWIN, C.P.; WILSON, R.G.; MORTENSEN, D.A. Late season weed suppression from dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. **Weed Technology**, Champaign, v.10, n.4, p.699-704, 1996.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de Vigor em Sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

VOLKWEISS, S. Fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVAS PARA O SISTEMA TRADICIONAL DE UTILIZAÇÃO DE VÂRZEAS DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre, 1984. **Anais...** Brasília: PROVARZEAS/PROFIR, 1986. p.119-128.

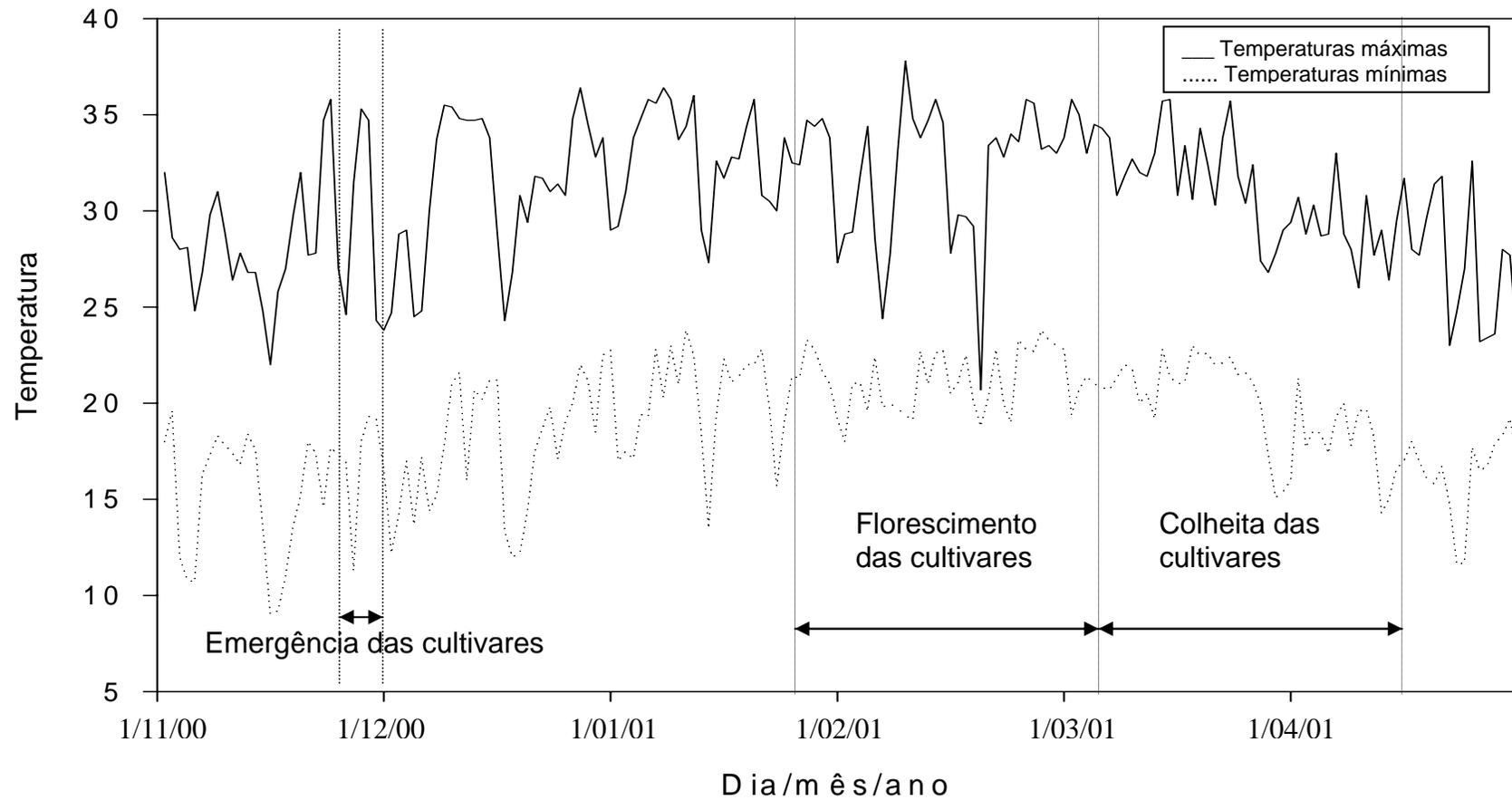
WEAVER, S.E.; KROPFF, M.J.; GROENEVELD, R.M.W. Use of ecophysiological models for crop-weed interference: the critical period of weed interference. **Weed Science**, Champaign, v.40, n.2, p.302-307, 1992.

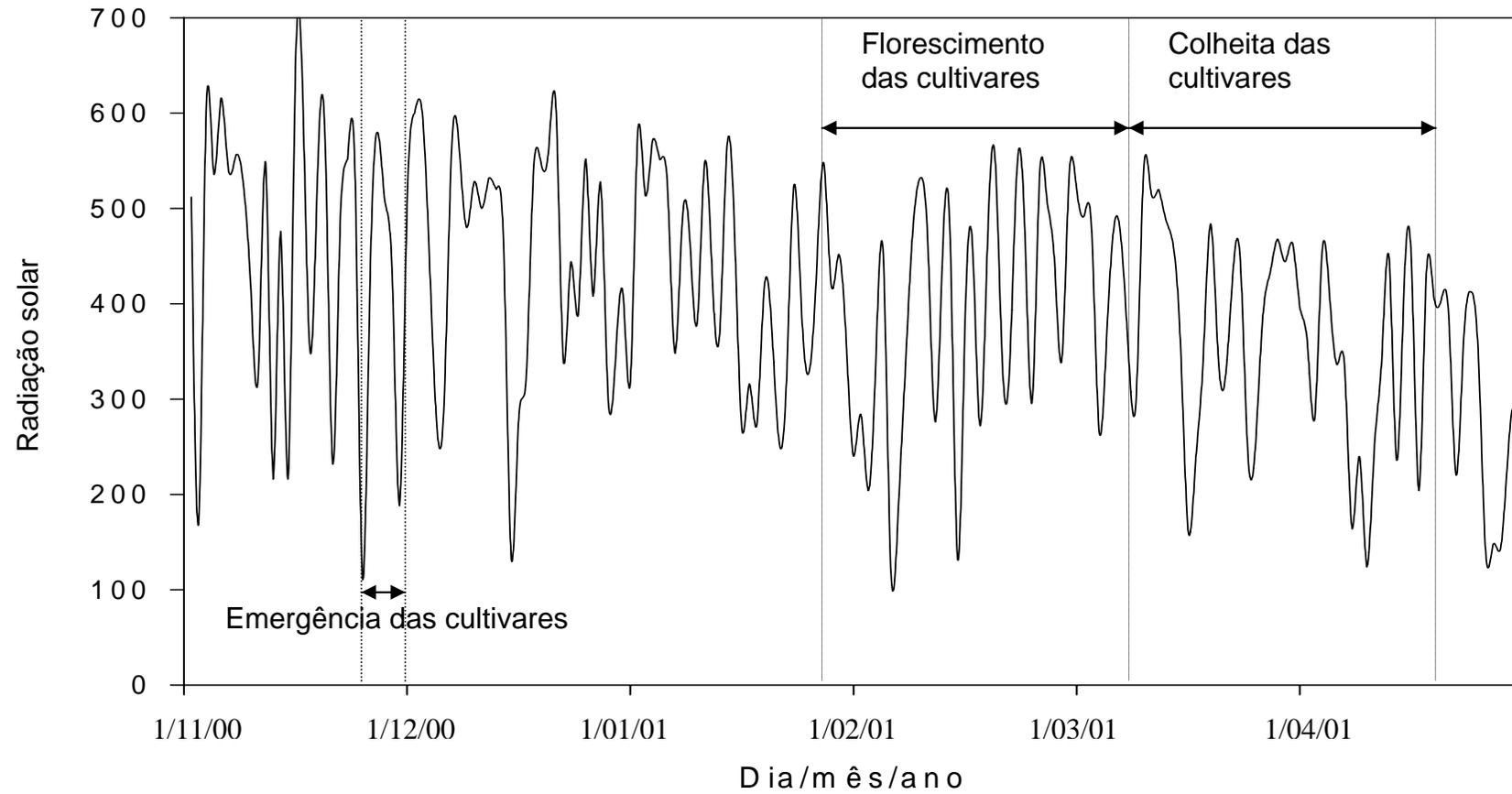
WELLER, S.C.; BRESSAN, R.A.; GOLDSBROUGH, P.B. The impact of genomic on weed management in the 21st century. In: 2000 MEETING OF THE WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 2000, Toronto. **Abstracts...** Toronto: WSSA, 2000. p.143.

WICKS, G.A.; RAMSEL, R.E.; NORDQUIST, P.T.; SCHMIDT, J.W.; CHALLAIAH. Impact of wheat cultivars on establishment and suppression of summer annual weeds. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n.1, p.59-62, 1986.

APÊNDICES

APÊNDICE 1. Temperaturas máximas e mínimas do ar ($^{\circ}\text{C}$), observadas na estação de crescimento de arroz 2000/01, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS



APÊNDICE 2. Radiação solar (cal.cm^{-2}) observada na estação de crescimento de arroz 2000/01, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS

APÊNDICE 3. Resumo da análise de variância para velocidade de emergência em campo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Causas da variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Cultivares	7	2285,7 *
Épocas	4	39482,8 *
Resíduo	148	200,5
Total	159	
Média geral		46,9
C.V. (%)		30,6

* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 4. Resumo da análise de variância para índice de velocidade de emergência (IVE) e atividade inicial de α -amilase de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Causas da variação	IVE em casa-de-vegetação		IVE em campo		Atividade inicial de α -amilase	
	Graus de liberdade	Quadrados médios	Graus de liberdade	Quadrados médios	Graus de liberdade	Quadrados médios
Cultivares	7	65,3*	7	11,4*	7	9449294*
Resíduo	46	1,70	24	1,24	8	229723
Total	53		31		15	
Médias gerais		13,8		4,1		2126
C.V. (%)		9,7		27,1		22,5

* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 5. Resumo da análise de variância para características de planta de cultivares de arroz avaliadas 14 dias após semeadura, em casa-de-vegetação, UFRGS, Porto Alegre-RS, 2000/01

Causas da variação	Graus de liberdade	Quadrados médios				
		Área folhar por planta	Estádio de desenvolvimento	Estatura de planta	Massa seca aérea	Massa seca radical
Cultivares	7	6,8*	0,284*	11,57*	0,33*	0,85*
Resíduo	16	0,43	0,017	0,73	0,09	0,10
Total	23					
Médias gerais		2,75	2,62	15,53	25,8	26,2
C.V. (%)		7,58	5,07	5,58	11,5	12,3

* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 6. Resumo da análise de variância para características de planta de cultivares de arroz avaliadas 15 dias após semeadura, em campo, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Causas da variação	Graus de liberdade	Quadrados médios			
		Área folhar por planta	Estádio de desenvolvimento	Estatura de planta	Massa seca aérea
Cultivares	7	8,08*	0,55*	41,11*	284*
Resíduo	24	0,46	0,04	1,31	19,2
Total	31				
Médias gerais		3,03	2,49	11,9	20,46
C.V. (%)		22,5	7,91	9,6	21,40

* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 7. Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento absoluto de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Causas da variação	Graus de liberdade	Quadrados médios			
		Área folhar por planta	Estádio de desenvolvimento	Estatura de planta	Massa seca aérea
Cultivares	7	6343 *	1,1 *	845,6 *	445898 *
Infestações	1	104	0,14	7,5	7448
Épocas	3	249716 *	202,2 *	27591 *	19113479 *
Cultivares x infestações	7	84	0,02	10,8	2059
Cultivares x épocas	21	2878 *	0,17 *	108,4 *	200947 *
Infestações x épocas	3	127	0,06	13,3	6263
Cultivares x infestações x épocas	21	155	0,02	8,9	4877
Resíduo	192	198	0,05	10,9	8677
Total	255				
Médias gerais		53,3	4,79	36,0	452,0
C.V. (%)		26,3	4,60	9,1	20,6

* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 8. Resumo da análise de variância para características de dossel e crescimento relativo de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Causas da variação	Graus de liberdade	Quadrados médios				Graus de liberdade	Quadrados médios		
		Cobertura do solo (45 DAS)	Cobertura do solo (60 DAS)	Teor de clorofila na folha	Penetração de luz no dossel		RAF ¹	TCR ²	TAL ³
Cultivares	7	143,5 *	412,8 *	18,6 *	48,9 *	7	0,006 *	0,036 *	3,41 *
Infestações	-	-	-	-	-	1	0,001	0,018	0,40
Cultivares x infestações	-	-	-	-	-	7	0,001	0,008	0,18
Resíduo	24	10,2	8,2	2,0	5,7	48	0,001	0,008	0,45
Total	31					63			
Médias gerais		43,7	68,3	31,4	8,1		0,12	0,31	2,24
C.V. (%)		7,3	4,2	4,5	29,4		13,8	28,2	30,1

* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

¹ Razão de área folhar.

² Taxa de crescimento relativo.

³ Taxa de assimilação líquida.

APÊNDICE 9. Resumo da análise de variância para variáveis de final de ciclo de cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Causas da variação	Graus de liberdade	Quadrados médios					Graus de liberdade	Quadrados médios UET ¹
		Estatura final de planta	Número de panículas por área	Número de grãos por panícula	Peso do grão (1000)	Produtividade de grãos		
Cultivares	7	1160 *	3172 *	2568 *	99,1 *	11202462 *	7	0,050 *
Infestações	1	1,6	21061 *	3794 *	38,6 *	56184394 *	-	-
Cultivares x infestações	7	1,6	444	120 **	9,4 *	699875 **	-	-
Resíduo	48	4,1	297	103	2,7	395392	24	0,006
Total	63						31	
Médias gerais		91,4	330	89,2	26,2	6150		0,75
C.V. (%)		2,2	10,4	9,1	6,3	10,2		10,6

* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

** Valores significativos ao nível de 10% de probabilidade.

¹ Índice de uso eficiente da terra.

APÊNDICE 10. Resumo da análise de variância para variáveis da simuladora de arroz-vermelho (EEA 406) em associação com cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Causas da variação	Graus de liberdade	Quadrados médios							
		Estatura de planta (45 DAS)	Estatura de planta (60 DAS)	Estatura final de planta	Massa seca aérea (60 DAS)	Número de panículas por área	Número de grãos por panícula	Peso do grão (1000)	Número de grãos por área
Cultivares	7	14,0	112,4 *	81,7 *	12,6 *	127,5 *	937,8 *	1,9 *	12083134 *
Resíduo	24	5,9	16,6	16,2	1,2	44,1	152,9	0,5	1661308
Total	31								
Médias gerais		46,6	67,4	120,8	1,66	19,5	111,9	31,4	3901
C.V. (%)		5,2	6,0	3,3	12,9	34,1	11,0	2,2	33,0

* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 11. Resumo da análise de variância para variáveis da simuladora de arroz-vermelho (EEA 406) em associação ou não com cultivares de arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha-RS, 2000/01

Causas da variação	Graus de liberdade	Quadrados médios							
		Estatura de planta (45 DAS)	Estatura de planta (60 DAS)	Estatura final de planta	Massa seca aérea (60 DAS)	Número de panículas por área	Número de grãos por panícula	Peso do grão (1000)	Número de grãos por área
Cultivares	8	16,7 *	99,3 *	73,0 *	123,3 *	1947,6 *	1452,9 *	2,02 *	129181516 *
Resíduo	31	5,2	15,7	19,3	2,0	111,5	153,8	0,49	2722434
Total	39								
Médias gerais		47,0	67,2	121,0	2,1	58,0	117,6	31,3	6359
C.V. (%)		4,8	5,9	3,6	13,2	36,3	10,5	2,2	25,9

* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 12. Coeficientes de determinação (R^2) das equações de regressão linear ajustadas pelas variáveis independentes tendo redução do rendimento de grãos, massa aérea acumulada pela simuladora (EEA 406) de arroz-vermelho e cobertura do solo proporcionada por cultivares de arroz como variáveis dependentes do modelo

Variáveis independentes ¹	Variáveis dependentes		
	Redução de rendimento de grãos das cultivares	Massa aérea acumulada pela simuladora (60 DAS)	Cobertura do solo proporcionada pelo arroz (60 DAS)
Cobertura do solo (60 DAS)	0,47 ²	0,64	-
Cobertura do solo (45 DAS)	0,37	0,48	-
Área folhar (15 DAS)	0,22	0,39	0,61
Penetração de luz no dossel do arroz	0,22	0,41	-
Massa seca aérea (15 DAS)	0,21	0,45	0,66
Estatura de planta (15 DAS)	0,20	0,36	0,35
Área folhar (30 DAS)	0,19	0,32	0,56
Velocidade de emergência	0,17	0,30	0,55
Área folhar (45 DAS)	0,15	0,27	0,28
Área folhar (60 DAS)	0,15	0,19	0,26
Massa seca aérea (30 DAS)	0,13	0,26	0,46
Massa seca aérea (45 DAS)	0,05	0,12	0,17
Estatura de planta (45 DAS)	0,05	0,14	0,14
Estatura de planta (30 DAS)	0,04	0,10	0,13
Teor de clorofila (50 DAS)	0,03	0,15	-
Massa seca aérea (60 DAS)	0,03	0,07	0,07
Estatura final de planta	0,02	0,03	0,04
Duração de ciclo	0,01	0,02	0,02
Estatura de planta (60 DAS)	0,01	0,02	0,04

¹Referem-se a características das cultivares de arroz.

²Coeficiente de determinação da equação linear múltipla ajustada com as variáveis independentes.

VITA

Alvadi Antonio Balbinot Junior, filho de Alvadi Antonio Balbinot e de Delvi Teresinha Balbinot, nasceu em 23 de maio de 1977, no município de Curitibanos, Santa Catarina.

Em 1995 ingressou no Curso de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), onde se graduou como Engenheiro Agrônomo em 1999.

No período de agosto de 1996 a agosto de 1999 desenvolveu atividades como Bolsista de Iniciação Científica (PROBIC/UDESC e PIBIC/CNPq), atuando nos Departamentos de Fitotecnia e de Solos da Faculdade de Agronomia da UDESC.

Em março de 2000 iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia junto ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre.