

## VARIAÇÃO ADAPTATIVA DE HÍBRIDOS DE ARROZ RESISTENTES A HERBICIDAS IMIDAZOLINONAS

NUNES, A.L.<sup>1,2</sup>; MEROTTO JR., A.<sup>1</sup>; VIDAL, R.A.<sup>1</sup>; BISPO, N.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); (51) 3308-6013; merotto@ufrgs.br, ribas.vidal@ufrgs.br, [nory.bispo@gmail.com](mailto:nory.bispo@gmail.com) <sup>2</sup>Instituto Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Sul (IFRS); (54) 3445-8015; anderson.nunes@sertao.ifrs.edu.br

### Resumo

Plantas híbridas oriundas do fluxo gênico entre o arroz cultivado resistente às imidazolinonas com o arroz vermelho podem apresentar variação da sua adaptação. Híbridos que apresentarem efeitos positivos poderão ser mais problemáticos que o arroz daninho que os gerou, aumentando sua interferência na cultura do arroz. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variação adaptativa de híbridos oriundos do cruzamento artificial entre arroz cultivado e arroz vermelho em dois níveis de fertilidade do solo. As plantas doadoras de pólen foram os cultivares de arroz branco IRGA 417 (suscetível aos herbicidas imidazolinonas), IRGA 422 CL, Puitá INTA CL e Sator CL (resistentes aos herbicidas imidazolinonas). As plantas receptoras do pólen foram quatro ecótipos de arroz vermelho. Os híbridos analisados apresentaram a mesma altura em comparação ao arroz vermelho parental. Os híbridos gerados a partir dos cultivares Puitá INTA CL e Sator CL produziram mais sementes e apresentaram menor degrane que o arroz vermelho. A análise das características agrônômicas indica que os híbridos gerados a partir do cruzamento entre arroz cultivado e arroz vermelho apresentaram variação adaptativa em relação ao arroz vermelho independente do nível de fertilidade do solo.

**Palavras-Chave:** imidazolinonas, degrane, fluxo gênico.

### Abstract

Hybrid plants originated from gene flow between rice cultivars resistant to imidazolinone herbicides and red rice may show fitness consequences in relation to parental plants. Hybrids that show positive effects may be more problematic than the parental weedy rice increasing its interference in rice. The aim of this study was to evaluate the fitness consequences of hybrids from the crossing between cultivated rice and red rice in two levels of soil fertility. The pollen donor plants were the rice cultivars IRGA 417 (susceptible to imidazolinone herbicides), IRGA 422 CL, Puitá INTA CL and Sator CL (resistant to imidazolinone herbicides). The pollen receptor plants were four ecotypes of red rice. The obtained hybrids showed the same height when compared to red rice parent plants. The hybrids generated from cultivars Puitá INTA CL and Sator CL produced more seeds and had lower shattering than red rice. The analysis of agronomic traits indicates that hybrids generated from crosses between cultivated rice and red rice presented fitness in relation to red rice regardless of the level soil fertility.

**Key Words:** imidazolinone, shattering, gene flow.

### Introdução

Plantas híbridas oriundas do fluxo gênico entre o arroz cultivado resistente às imidazolinonas com o arroz vermelho podem apresentar alterações que favoreçam sua adaptação. Híbridos que apresentarem efeitos negativos para a sua sobrevivência terão sua população reduzida podendo levar a

extinção (Wolfe et al., 2001). Contrariamente, híbridos com efeitos positivos poderão ser mais problemáticos que o arroz daninho que os gerou, dificultando ainda mais o manejo de plantas daninhas na cultura do arroz. Dessa forma, o fluxo gênico através do pólen das culturas para o arroz daninho pode implicar na evolução de plantas daninhas ou na extinção de plantas silvestres (Ellstrand et al., 1999).

Alterações em características importantes na sobrevivência dos híbridos causam variação adaptativa. Os híbridos com maior altura, produção de sementes e degrane possuem maiores chances de estabelecimento. O conhecimento do efeito destas características na variação adaptativa dos híbridos oriundos do cruzamento entre arroz cultivado e arroz vermelho, que ocorrem nas condições de cultivo de arroz no Sul do Brasil, podem ser importantes na reformulação e na determinação de novas formas de manejo do arroz vermelho e das consequências do fluxo gênico de arroz na biodiversidade das espécies de arroz considerado daninhos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variação adaptativa de híbridos oriundos do cruzamento entre arroz cultivado e arroz vermelho em dois níveis de fertilidade.

## Material e Métodos

Foram realizadas hibridizações artificiais entre o arroz cultivado com arroz vermelho no Laboratório da Flora Ruderal da Faculdade de Agronomia da UFRGS em Porto Alegre. As plantas doadoras de pólen foram os cultivares de arroz branco IRGA 417 (suscetível aos herbicidas imidazolinonas), IRGA 422 CL, Puitá INTA CL e Sator CL (resistentes aos herbicidas imidazolinonas), e as plantas receptoras do pólen foram quatro ecótipos de arroz vermelho. As sementes foram pré-germinadas durante dois dias e semeadas em vasos com capacidade de 18 L e mantidas em tanques com lâmina d'água acima do nível do vaso. As hibridizações artificiais foram realizadas na safra 2008/09, e o experimento de avaliação da adaptação foi realizado na safra 2009/10.

No momento em que houve sincronismo entre as plantas doadoras do pólen (arroz cultivado) e receptoras (arroz vermelho) foram realizadas hibridizações. As panículas dos perfilhos receptores, que ainda não havia sofrido autofecundação, foram coletadas no início da manhã, identificadas e esterilizadas. O processo de esterilização consistiu em mergulhar as panículas em banho-maria à 45°C durante 5 min para inviabilizar o pólen. Em seguida, as espiguetas do terço superior e inferior foram destacadas e as espiguetas restantes foram cortadas na sua parte superior para a retirada das anteras inviáveis que são barreiras físicas para o acesso do pólen dos perfilhos doadores até ao estigma do perfilho receptor. Após, as panículas foram protegidas com sacos de papel para evitar a polinização não controlada. A coleta dos perfilhos doadores de pólen também foi realizada pela parte da manhã e estes foram acondicionados em recipientes com água até que houvesse a liberação do pólen. Neste momento foi realizada a polinização controlada através do contato do perfilho doador com o receptor e as plantas receptoras foram novamente protegidas.

Os híbridos (F1) foram avaliados em comparação aos seus pais quanto a sua variação adaptativa em dois ambientes, de baixa e alta fertilidade. Inicialmente, as sementes foram pré-germinadas durante dois dias e, semeadas em tanques de concreto com capacidade de 1200 L contendo solo hidromórfico. As características agrônomicas avaliadas foram altura, número de sementes e degrane. A altura foi determinada do nível do solo até o topo da folha bandeira. O degrane foi determinado através da medição da resistência à tensão de ruptura (gf), onde o grão era envolvido com um arame em forma de gancho e pesos de 10 gramas foram adicionados no gancho até haver a ruptura do grão da planta mãe. Quanto maior a resistência à tensão de ruptura menor é o nível de degrane. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e, quando significativos, foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

A altura das plantas é uma importante característica adaptativa em ambientes competitivos, uma vez que plantas maiores interceptam radiação solar de melhor qualidade e dessa forma realizam mais

foto-síntese. A altura dos quatro híbridos resultante dos cruzamentos entre arroz cultivado e arroz daninho foi maior no alto nível de fertilidade (Figura 1). Não houve diferença na altura entre o híbrido e o arroz vermelho, mas houve diferença destes em relação ao arroz cultivado. De forma semelhante, analisando uma geração F<sub>2</sub>, foi verificado que os híbridos oriundos do cruzamento entre arroz vermelho e arroz resistente ao herbicida glufosinato de amônio teve a altura intermediária em relação aos pais (Noldin et al., 2004). Dessa forma, a altura dos híbridos não permite que estes tenham uma vantagem adaptativa em relação ao arroz vermelho parental.

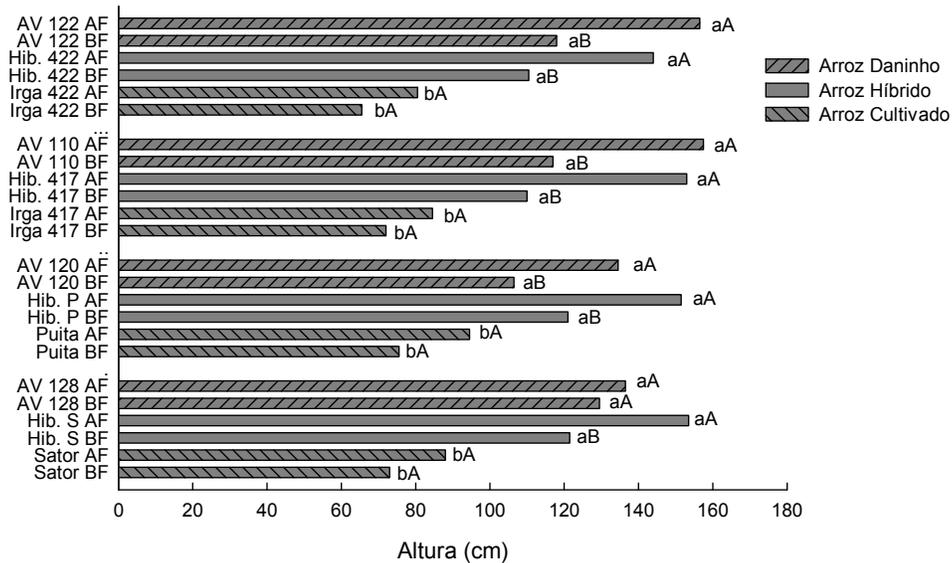


Figura 1. Altura (cm) dos híbridos (Hib.) em comparação aos seus pais em dois níveis de fertilidade (AF = alta fertilidade, BF = baixa fertilidade). Letras maiúsculas comparam um mesmo cruzamento em alta e baixa fertilidade, letras minúsculas comparam os híbridos em relação aos seus pais em um mesmo nível de fertilidade.

O número de sementes é outra característica agrônômica que pode influenciar na adaptação dos híbridos. Plantas que produzem mais sementes possuem a possibilidade de predominar no ambiente. Os híbridos oriundos do cultivar IRGA 422 CL e Sator CL produziram a mesma quantidade de sementes nos dois níveis de fertilidade (Figura 2). Quando se compara a produção de sementes dos híbridos com o arroz vermelho observa-se que os híbridos de Puita INTA CL e Sator CL produziram mais sementes que o arroz vermelho. Estes híbridos podem possuir maior capacidade adaptativa que as plantas de arroz vermelho, pois são resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas e produzem mais sementes que os ecótipos de arroz daninho que são suscetíveis as imidazolinonas. Já a análise de uma população híbrida (F<sub>2</sub>) de arroz vermelho com arroz transgênico resistente ao herbicida glufosinato de amônio mostrou que a produção de sementes viáveis foi inferior ou no máximo similar àquela observada no arroz daninho parental (Noldin et al., 2004).

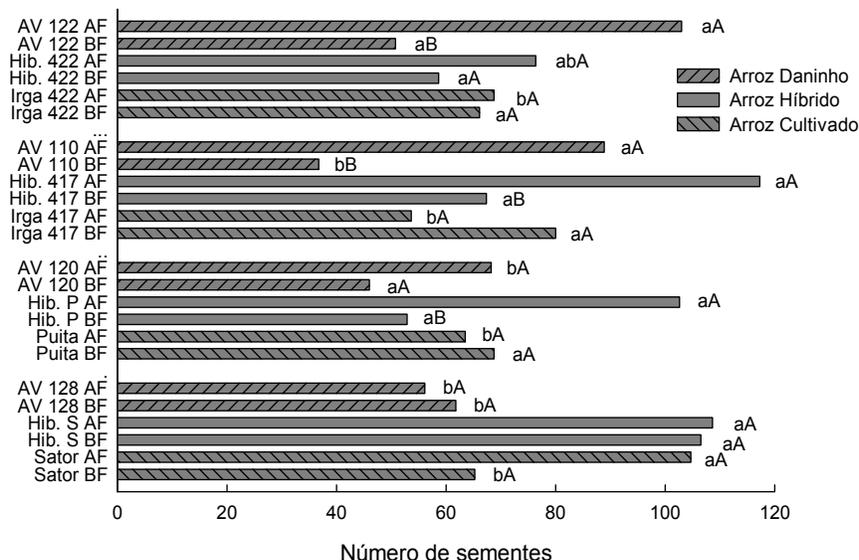


Figura 2. Número de sementes dos híbridos (Hib.) em comparação aos seus pais em dois níveis de fertilidade (AF = alta fertilidade, BF = baixa fertilidade). Letras maiúsculas comparam um mesmo cruzamento em alta e baixa fertilidade, letras minúsculas comparam os híbridos em relação aos seus pais em um mesmo nível de fertilidade.

O degrane é uma característica evolutiva muito importante na manutenção das plantas daninhas nos sistemas agrícolas. Plantas de arroz daninho que não possuem degrane desaparecem da lavoura que se encontram uma vez que as sementes produzidas saem do sistema no momento da colheita. Isso faz que não haja renovação de sementes no banco de semente do solo levando a eliminação das plantas da lavoura. Dessa forma, os híbridos que não apresentarem degrane não se adaptaram ao sistema. O nível de fertilidade do solo não influenciou no nível de degrane (Figura 3). Isso já era esperado, pois o degrane não é influenciado pela a fertilidade do solo tal como a altura de plantas e a produção de sementes descrita anteriormente. Os híbridos gerados a partir do pólen dos cultivares IRGA 417 e IRGA 422 CL apresentaram o mesmo nível de degrane que o arroz vermelho que recebeu o pólen. Esses híbridos não sofrem nenhuma penalidade adaptativa em função do degrane. Os híbridos gerados a partir dos cultivares Puita INTA CL e Sator CL apresentaram menor degrane que o arroz vermelho e maior em comparação às cultivares. A análise de uma população híbrida de uma geração  $F_2$  de arroz vermelho com arroz transgênico resistente ao herbicida glufosinato de amônio mostrou que as plantas de diferentes cruzamentos apresentaram elevado nível de degrane (Noldin et al., 2004). Entretanto, é difícil afirmar somente através da diferença no nível de degrane observada que estes híbridos teriam uma variação adaptativa em relação ao arroz vermelho que os gerou, pois a maior resistência à tensão de ruptura (menor degrane) observada não é suficiente para evitar que o degrane propriamente dito ocorra, ou seja, mesmo estes híbridos tenderam a abastecer o banco de sementes do solo com sementes de arroz daninho híbrido resistente aos herbicidas do grupo das imidazolinonas.

A análise das características agrônômicas indica que os híbridos gerados a partir do cruzamento entre arroz cultivado e arroz vermelho apresentaram variação adaptativa em relação ao arroz vermelho quanto a produção de sementes, independente do nível de fertilidade. Entretanto, avaliações realizadas por Song et al., (2004) verificaram que híbridos da geração  $F_1$  proveniente do cruzamento entre o arroz cultivado convencional e a espécie silvestre *O. rufipogon* e apresentaram o mesmo padrão de adaptação que seus parentais sob condições de cultivo durante o seu ciclo de desenvolvimento. Da mesma forma, num estudo mais abrangente que avaliou as gerações  $F_1$  e  $F_2$  oriundas do cruzamento do arroz cultivado transgênico (gene *bar*) e não-transgênico com arroz vermelho, verificou-se que em geral os híbridos não apresentaram alterações adaptativas em relação aos seus pais, apesar de tanto os híbridos

transgênicos quanto os não-transgênicos apresentarem maior estatura e menor fertilidade (Zhang et al., 2003).

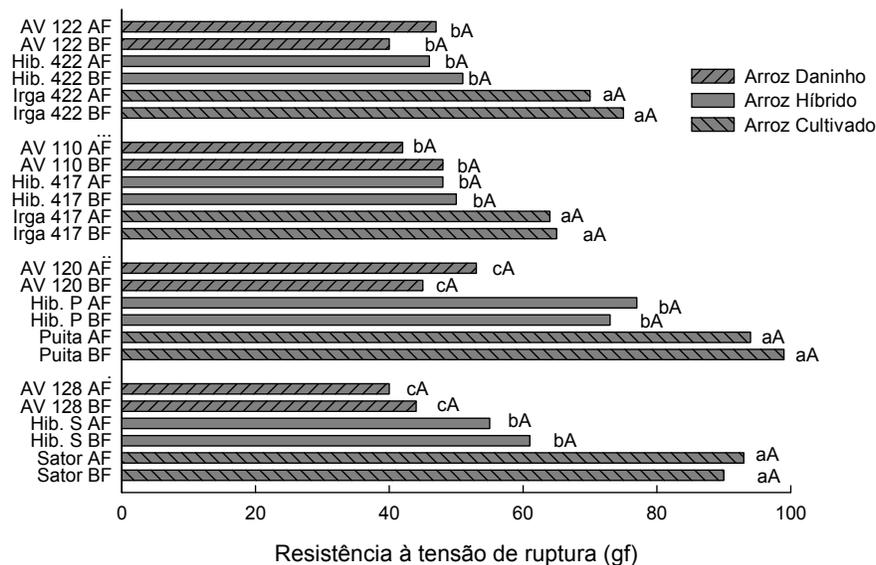


Figura 3. Resistência à tensão de ruptura (degrane) dos híbridos (Hib.) em comparação aos seus pais em dois níveis de fertilidade (AF = alta fertilidade, BF = baixa fertilidade). Letras maiúsculas comparam um mesmo cruzamento em alta e baixa fertilidade, letras minúsculas comparam os híbridos em relação aos seus pais em um mesmo nível de fertilidade.

## Literatura Citada

ELLSTRAND, N.C.; PRENTICE, H.C.; HANCOCK, J.F. Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.30, p.539-563, 1999.

NOLDIN, J. A., et al. Desempenho de populações híbridas F2 de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amonio-glufosinate. **Planta Daninha**, v.22, p.381-395, 2004.

SONG, Z.P.; LU, B.R.; WANG, B.; CHEN, J.K. Fitness estimation through performance comparison of F1 hybrids with their parental species *Oryza rufipogon* and *O. sativa*. **Annals of Botany**, v.93, p.311-316, 2004.

WOLFE, D.E.; TAKEBAYASHI, N.; RIESEBERG, L.H. Predicting the risk of extinction through hybridization. **Conserv. Biol.**, v.15, p.1039-1053, 2001.

ZHANG, N.; LINScombe, S.; OARD, J. Outcrossing frequency and genetic analysis of hybrids between transgenic glufosinate herbicide-resistant rice and the weed red rice. **Euphytica**, v.130, p.35-45, 2003.