

Introduction of special rice genotypes under upland conditions

Introdução de genótipos de arroz especiais em condições de terras altas

Aurinelza Batista Teixeira Condé^{1*}, Vanda Maria de Oliveira Cornélio², Kerully Isabel Ferreira³, Moizes de Souza Reis⁴, Alex Teixeira Andrade⁵

Abstract: Although widely consumed as white rice, there are special rice cultivars that contain aromas, colors and nutrients that reach special market niches, and constitute alternatives to vary the Brazilian menu and the farmer's income. Most genotypes of special rice have nutritional characteristics superior to those of white rice, with call for better health, which is a growing concern of the general population. Based on these assumptions, the objective was to evaluate the productivity of special rice genotypes in rainfed cultivation conditions, in two seasons (2016/2017 and 2017/2018), in the city of Lavras/MG. The treatments consisted of the following accessions: YIN LU 31, Japanese, CMG 1164, Formoso, Aromatic, IAC 400, IAC 300, IAC 600, IAC 500, BRSMG Relâmpago, BRSMG Caçula, BRSMG Caravera, SCS119 Ruby, SCS120 Onyx. After analysis of variance, the adaptability analysis and stability was performed by the Annichiaric method. The Aromatic and IAC 300 genotypes, by evaluated under rainfed conditions, showed high productivity (greater than 3,000 kg.ha⁻¹), higher than the state average (867 kg ha⁻¹), and low incidence of diseases in the conditions of high lands. These special rice genotypes grown in upland and compared to cultivars of rice indicated for this cultivation condition demonstrated that it is possible to produce rice from quality and develop genotypes more adaptable to rainfed conditions, which can be excellent option of cultivation to conventional rice and thus increase the diversity of the agricultural property.

Key words: *Oryza sativa* L. Productivity. Rainfed.

Resumo: Apesar de amplamente consumido como arroz branco, há cultivares especiais de arroz que contêm aromas, cores e nutrientes que atingem nichos especiais de mercado, e constituem alternativas para variar o cardápio do brasileiro e a renda do agricultor. A maioria dos genótipos de arroz especiais apresentam características nutricionais superiores às do arroz branco, com apelo a melhor saúde, que é uma preocupação crescente da população em geral. Com base nesses pressupostos, objetivou-se avaliar a produtividade de genótipos de arroz especiais em condições de cultivo de sequeiro, em duas safras (2016/2017 e 2017/2018), na cidade de Lavras/MG. Os tratamentos consistiram dos seguintes acessos: YIN LU 31, Japonês, CMG 1164, Formoso, Aromático, IAC 400, IAC 300, IAC 600, IAC 500, BRSMG Relâmpago, BRSMG Caçula, BRSMG Caravera, SCS119 Rubi, SCS120 Ônix. Após análises de variância, a análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada pelo método de Annichiarico. Os genótipos Aromáticos e IAC 300, ao serem avaliados em condições de sequeiro, apresentaram alta produtividade (superior a 3.000 kg.ha⁻¹), superior à média estadual (867 kg ha⁻¹), e baixa incidência de doenças nas condições de terras altas. Esses genótipos especiais de arroz cultivados em terras altas e comparados a cultivares de arroz indicadas para essa condição de cultivo demonstraram que é possível produzir arroz de qualidade e desenvolver genótipos mais adaptáveis à condição de sequeiro, podendo ser excelente opção de cultivo ao arroz convencional e aumentar, assim, a diversidade da propriedade agrícola.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. Produtividade. Sequeiro.

*Corresponding author

Submitted for publication on 16/07/2021, approved on 16/11/2021 and published on 17/12/2021

¹Engenheira Agrônoma. Doutora em Genética e Melhoramento, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Epamig, Lavras – MG, Brasil. E-mail: aurinelza@epamig.br

²Engenheira Agrônoma. Doutora em Fitopatologia, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Epamig, Lavras – MG, Brasil. E-mail: vanda.cornelio@epamig.br

³Engenheira Agrônoma. Mestranda em Ciência dos Solos, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras- MG, Brasil. E-mail: kerullyf@gmail.com

⁴Engenheiro Agrônomo. Doutor Fitotecnia, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Epamig, Lavras – MG, Brasil. E-mail: moizes@epamig.br

⁵Engenheiro Agrônomo. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Epamig, Lavras – MG, Brasil. E-mail: alex.andrade@epamig.br

INTRODUCTION

Rice is one of the chief sources of carbohydrates in developing countries, constituting a staple food for more than half of the world's population (COELHO, 2021). Despite being popularly consumed as white rice, some specific cultivars contain colors (pigments) and aromas that reach particular market niches, serving the various consumer tastes and providing farmers with an alternative income source (MENEZES *et al.*, 2011).

There are increasing demands, both in the local and foreign markets, for other specific types of rice, such as red rice, grown in the Northeast region; 'cateto' rice (for dietary food); arborio rice (for risottos and soups, for Italian cuisine); glutinous rice, such as Taisyo-moti variety (for Japanese cuisine); aromatics rice, such as Basmati (originating in India and Pakistan); and black rice (LIMA *et al.*, 2019).

Several rice varieties are cultivated in different regions and techniques. In these producing areas, it is possible to find old materials rescued by regional farmers and new commercial cultivars unknown to producers, including the planting under flood irrigation, indicated for special cultivars (STRECK *et al.*, 2019). Rice cultivation using a floating system requires large volumes of irrigation water, which is an aggravating factor for its sustainable production (PORTUGAL *et al.*, 2015).

Due to climate change and the difficulty in expanding lowlands areas for planting flooded rice in Minas Gerais, it is important to find materials that perform well under rainfed conditions or, in some cases, with supplementary irrigation (PORTUGAL *et al.*, 2015). The use of special rice cultivars in upland is an alternative for these issues, and it is justified by their higher added value. The use of upland rice in the state of Minas Gerais can be indicated in the harvest or the off-season right after the soybean harvest, for example.

The indication of special types of rice cultivars for growing in upland areas requires broad studies upon adaptation. The occurrence of genotype x environment interaction is quite common and, when the interaction is identified, there are alternatives to mitigate its effects. Among these alternatives, the most used is the identification of genotypes with greater adaptability and stability.

INTRODUÇÃO

O arroz é uma das principais fontes de carboidrato nos países em desenvolvimento, constituindo alimento básico de mais da metade da população mundial (COELHO, 2021). Apesar de amplamente consumido como arroz branco, há muitas cultivares especiais que contêm cores (pigmentos) e aromas, que atingem nichos especiais de mercado, como alternativa para variar o cardápio do consumidor e a fonte econômica do agricultor (MENEZES *et al.*, 2011).

Existem demandas por outros padrões especiais de arroz, no mercado interno e externo, como: arroz vermelho cultivado na região Nordeste, arroz cateto (visto como alimento dietético), "arbóreo" (para risotos e sopas, variedades da culinária italiana), arroz glutinoso "moti" (para culinária japonesa), tipos aromáticos "basmati" (originário da Índia e do Paquistão) e arroz preto (LIMA *et al.*, 2019).

Existem diversas variedades de arroz cultivadas em diferentes localidades. Em cada região produtora, é possível encontrar materiais antigos, resgatados pelos agricultores da região, como também, novas cultivares comerciais desconhecidas dos produtores. No entanto, as cultivares especiais são indicadas para plantio em condições de irrigação por inundação (STRECK *et al.*, 2019). O cultivo do arroz em sistema inundado, requer grande consumo de água para a irrigação, o que é um agravante para a produção do arroz de forma sustentável (PORTUGAL *et al.*, 2015).

Devido às mudanças climáticas e à dificuldade em expandir as áreas de várzeas para plantio de arroz inundado, em Minas Gerais, é urgente encontrar materiais que tenham bom desempenho em condições de sequeiro, ou, em alguns casos com irrigação suplementar (PORTUGAL *et al.*, 2015). O uso de cultivares de arroz especial de terras altas é uma alternativa e se justifica em razão do seu maior valor agregado. O uso de arroz de terras altas em Minas Gerais pode ser indicado na safra ou na safrinha logo após a colheita da soja, por exemplo.

A indicação de cultivares de tipos de arroz especiais para cultivo em terras altas requer estudos de adaptação. É muito comum a ocorrência de interação genótipos x ambiente e, uma vez detectada a interação, existem alternativas para se atenuar os seus efeitos. Dentre essas alternativas, a mais empregada é a identificação de genótipos com maior adaptabilidade e/ou estabilidade.

The methodology developed by Annicchiarico (1992) allows identifying genotypes with good performance in environments considered unfavorable and favorable. Based on a confidence index, it is possible to recommend a cultivar admitting the risk of presenting performance below-established standard, such as the general average. The probability of failure will be smaller the higher the confidence index.

Given the environmental and social aspects of upland rice cultivation, this study aimed to evaluate the productivity of a special rice variety under rainfed cultivation conditions in two harvests (2016/2017 and 2017/2018) in the state of Minas Gerais.

MATERIAL AND METHODS

Two experiments were installed, with 14 genotypes from the Rice Improvement Program of the Agricultural and Livestock Research Corporation of the State of Minas Gerais (EPAMIG) (Table 1), with 11 special rice genotypes and three commercial cultivars, indicated for rainfed cultivation, as standards.

The experiments were conducted at Epamig's Experimental Field, belonging to the Federal University of Lavras (UFLA), in the municipality of Lavras, in the state of Minas Gerais (MG) in the 2016/2017 (Figure 1A) and 2017/2018 (Figure 1B) harvests, sowing on 11/25/2016 and 11/27/2017, respectively.

A metodologia desenvolvida por Annicchiarico (1992) permite identificar genótipos com performance desejável nos ambientes considerados desfavoráveis e favoráveis. A partir de um índice de confiança, a metodologia possibilita a recomendação de uma cultivar considerando o risco desta apresentar desempenho abaixo de um dado padrão, como por exemplo, a média geral. A probabilidade de insucesso será tanto menor quanto maior for o índice de confiança.

Considerando os aspectos ambiental e social do cultivo de arroz em terras altas, objetivou-se avaliar a produtividade de variedade de arroz especial em condições de cultivo de sequeiro, em duas safras (2016/2017 e 2017/2018), no estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos, com 14 genótipos do Programa de Melhoramento de Arroz da Epamig (Tabela 1), sendo 11 genótipos de arroz especiais e três cultivares comerciais, indicadas para cultivo de sequeiro, como padrões.

Os experimentos foram conduzidos no Campo Experimental da Epamig, pertencente à Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, estado de Minas Gerais (MG) nos anos de 2016/2017 (Figura 1A) e 2017/2018 (Figura 1B) safras, semeadura em 25/11/2016 e 27/11/2017, respectivamente.

Table 1 - Description of the rice genotypes used, grain class, and pericarp coloration, in Lavras/MG. 2016/2017 and 2017/2018 harvests

Tabela 1 - Descrição dos genótipos de arroz utilizados, classe de grão e coloração do pericarp, em Lavras/MG. Safras 2016/2017 e 2017/2018

Genótipo	Classe de grão	Coloração do pericarp	Observações
BRSMG Relâmpago	Long Thin	White	Standard – commercial (SOARES <i>et al.</i> , 2010)
BRSMG Caçula	Long Thin	White	Standard – commercial (SOARES <i>et al.</i> , 2013)
BRSMG Caravera	Long Thin	White	Standard – commercial (SOARES <i>et al.</i> , 2008 e FONSECA <i>et al.</i> , 2007)
YIN LU 31	Medium	Red	Red Cultivar (FONSECA <i>et al.</i> , 2007)
Japanese Epamig	Medium	White	Traditional variety obtained from a producer in the south of Minas Gerais.

Continua...

CMG 1164	Long Thin	White	Crop Value and Use strain of the Highland Rice Genetic Improvement Program at UFLA, Embrapa Rice e Beans and Epamig/ MG (ALVES, 2018)
Formoso	Medium	White	Traditional variety obtained from a producer in the south of Minas Gerais.
Aromatic	Long	White	Traditional variety obtained from a producer in the south of Minas Gerais.
IAC 300	Long	White	Arboreal (IAC, 2021).
IAC 400	Medium	White	Japanese (PASSERI-LIMA <i>et al.</i> , 2020; IAC, 2021).
IAC 500	Long	White	Aromatic (PASSERI-LIMA <i>et al.</i> , 2020; IAC, 2021).
IAC 600	Medium	Black	Black commercial Cultivar (IAC, 2021).
SCS119 Rubi	Long Thin	Red	Red commercial Cultivar (WICKERT <i>et al.</i> , 2014).
SCS120 Ônix	Long Thin	Black	Black commercial Cultivar (WICKERT <i>et al.</i> , 2014).

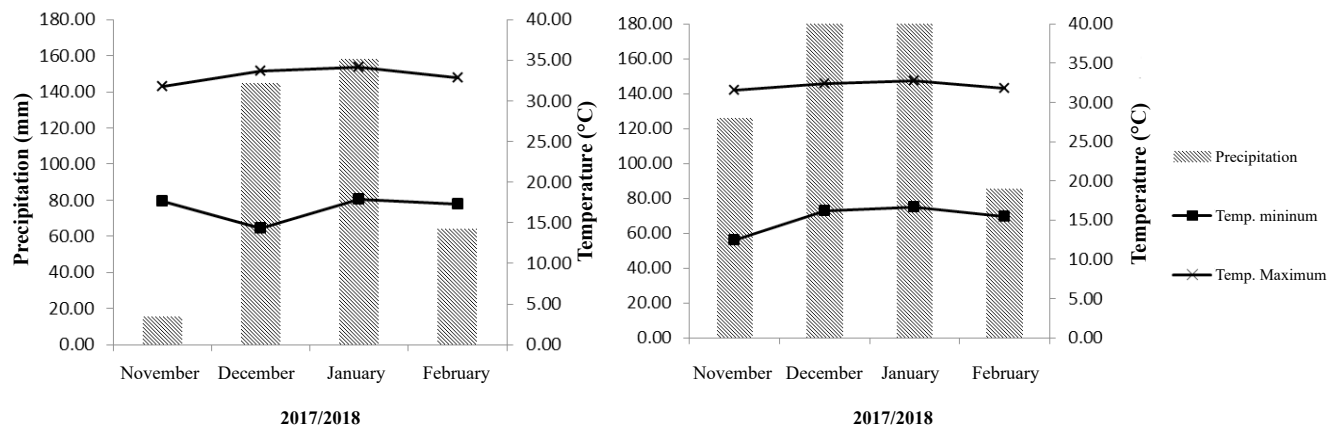


Figure 1 - Average values of rainfall and average temperatures (maximum and minimum) during the period of testing in the 2016/2017 (a) and 2017/2018 (b) harvests.

Source: INMET - Meteorological Station of Lavras – MG

Figura 1 - Valores médios de precipitação e médias de temperaturas (máxima e mínima) no período de condução dos ensaios nas safras 2016/2017 (a) e 2017/2018 (b).

Fonte: INMET - Estação Meteorológica de Lavras– MG.

Each experiment was composed of fourteen genotypes arranged in a randomized block design with three replications. The plots consisted of five rows of 5 m in length, spaced 0.4 m (10 m²) apart and with a density of 70 seeds per meter. As a useful area, 4 meters from the center of the three inner rows (4.80 m²) were collected.

Cada experimento foi composto pelos quatorze genótipos, dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. As parcelas foram constituídas de cinco fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,4 m (10 m²) e com densidade de 70 sementes por metro. Como área útil, foram colhidos os 4 m centrais das três fileiras internas (4,80 m²).

Fertilizations were carried out following the recommendation for upland cultivation (VILLAR, 2007), based on soil chemical analysis. In order to preventive pest control, the seeds were treated with products based on Thiodicarb + Imidacloprid, while the invasive plants were controlled by manual weeding.

The harvest was carried out when the grains reached 18 to 22% of moisture. The productivity in kg ha⁻¹ of paddy rice at 13% moisture was evaluated. The Genes program (CRUZ, 2013) was adopted for genetic-statistical analysis. The individual analysis of variance followed the following statistical model:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_{ij} + \varepsilon_{ij},$$

In which Y_{ij} is the observed value of the i -th genotype in the j -th block; μ is the overall mean; G_i is the random effect of the i -th genotype ($i = 1, 2, \dots, g$); B_{ij} is the effect of the j -th block ($j = 1, 2, \dots, a$); and ε_{ij} is the random error associated with observation Y_{ij} .

After the individual variance analyses, the homogeneity of the residual variances was verified by the maximum F test, which considers the homogeneous residual variances when the relationship between the residual mean squares does not exceed the value 7 (CRUZ; REGAZZI, 2001). Then, the joint analysis of variance was carried out following the statistical model:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

In which, Y_{ijk} is the observed value of the i -th genotype in the j -th environment in the k -th block; μ is the overall mean; G_i is the random effect of the i -th genotype ($i = 1, 2, \dots, g$); A_j is the effect of the j -th environment ($j = 1, 2, \dots, a$); GA_{ij} is the effect of the interaction of the i -th genotype with the j -th environment; B/A_{jk} is the effect of the k -th block within the j -th environment ($k = 1, 2, \dots, r$); and ε_{ij} is the random error associated with observation Y_{ij} .

The comparison of means was performed using the means grouping test, as proposed by Scott and Knott (1974), at a significance level of 5% probability.

The analysis of adaptability and phenotypic stability of the genotypes was performed using the method of Annicchiarico (1992), which is based on the estimation of a confidence index (or recommendation index) of a given genotype showing relatively superior behavior (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

As adubações seguiram recomendação indicadas para cultivo de terras altas (VILLAR, 2007), de acordo com análises químicas do solo. Para o controle preventivo de pragas, as sementes foram tratadas com produtos à base de Tiodicarbe mais Imidacloprido. Já as plantas invasoras foram controladas por meio de capinas manuais.

A colheita foi realizada quando os grãos atingiram de 18 a 22% de umidade. Foi avaliada a produtividade em kg ha⁻¹ de arroz em casca, a 13% de umidade. Nesses dados foram empregadas análises genético-estatísticas, utilizando-se o programa Genes (CRUZ, 2013). A análise de variância individual seguiu o seguinte modelo estatístico:

Em que Y_{ij} é o valor observado do i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco; μ é a média geral; G_i é o efeito aleatório do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$); B_{ij} é o efeito do j -ésimo bloco ($j = 1, 2, \dots, a$); e ε_{ij} é o erro aleatório associado à observação Y_{ij} .

Depois das análises de variância individuais, foi verificada a homogeneidade das variâncias residuais pelo teste de F máximo, que considera as variâncias residuais homogêneas quando a relação entre os quadrados médios residuais não ultrapassa o valor 7 (CRUZ; REGAZZI, 2001). Constatada a homogeneidade das variâncias residuais, procedeu-se à análise de variância conjunta seguindo o seguinte modelo estatístico:

Em que Y_{ijk} é o valor observado do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente no k -ésimo bloco; μ é a média geral; G_i é o efeito aleatório do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$); A_j é o efeito do j -ésimo ambiente ($j = 1, 2, \dots, a$); GA_{ij} é o efeito da interação do i -ésimo genótipo com o j -ésimo ambiente; B/A_{jk} é o efeito do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente ($k = 1, 2, \dots, r$); e ε_{ij} é o erro aleatório associado à observação Y_{ij} .

A comparação das médias foi realizada utilizando o teste de agrupamento de médias, segundo proposto por Scott e Knott (1974), ao nível de significância de 5% de probabilidade.

A análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos foi feita pelo método de Annicchiarico (1992), que se baseia na estimação de um índice de confiança (ou índice de recomendação) de um determinado genótipo mostrar comportamento relativamente superior (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Values greater than 100 for the confidence index are acceptable, with the best genotypes being those that had the highest values. This methodology proposes the calculation of a risk index for each genotype as a parameter to assess stability, given by:

$$I_i = Y_i - Z(1 - \alpha) \cdot S_i$$

In what: I_i represents the confidence index (%); Y_i is the mean of the i genotypes in percentage; Z is the percentile $(1 - \alpha)$ of the cumulative normal distribution function; and S_i is the standard deviation of the accumulated values.

The highest values of this index will be obtained by the genotypes that had concomitantly higher percentage mean (Y_i) and lower deviation (S_i). It is considered that I_i expresses stability and also genotypic adaptability (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Valores superiores a 100 para o índice de confiança são aceitáveis, sendo os melhores genótipos aqueles que tiveram os valores mais altos. Esta metodologia propõe o cálculo de um índice de risco de cada genótipo, como parâmetro de avaliação da estabilidade, dado por:

Em que: I_i representa o índice de confiança (%); Y_i é a média dos genótipos i em porcentagem; Z é o percentil $(1 - \alpha)$ da função de distribuição normal acumulada; e S_i é o desvio padrão dos valores acumulados.

Os maiores valores desse índice serão obtidos pelos genótipos que tiveram concomitantemente maior média percentual (Y_i) e menor desvio (S_i). Considera-se que I_i expressa a estabilidade e, também, a adaptabilidade genotípica (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

RESULTS AND DISCUSSION

The individual analyzes revealed significant differences for grain yield in all environments. However, the joint analysis showed significant effects on the interaction between genotype x environment (Table 2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises individuais apresentaram diferenças significativas para rendimento de grãos em todos os ambientes e a análise conjunta constatou efeitos significativos para a interação genótipos x ambientes (Tabela 2).

Table 2 - Summary of joint analysis of variance for grain yield of special rice genotypes (kg ha^{-1}), in Lavras/MG. 2016/2017 and 2017/2018 harvests

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos de genótipos especiais de arroz (kg ha^{-1}), em Lavras/MG. Safras 2016/2017 e 2017/2018

Source of variation	DF	MS
Blocks/Environments	4	423317,97
Genotypes	13	7506265,22 ^{ns}
Environments	1	18336833,83 ^{ns}
Gen x Env	13	4273872,07**
Residue	52	240818,40
CV (%)	22,20	
General Average	2.210,24	

^{ns}Not significant; ** Significant at 1% probability by F test. DF: Degrees of freedom. MS: medium square. CV: coefficient of variation.

^{ns}Não-significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. GL: Graus de liberdade. QM: quadrado médio. CV: coeficiente de variação.

Special rice genotypes are indicated for flood irrigation systems (CORDEIRO *et al.*, 2010; STRCK *et al.*, 2019), but some genotypes exhibited the best responses to upland planting, being superior in productivity to rice cultivars indicated for uplands (Table 3).

Os genótipos de arroz especiais são indicados para sistemas de irrigação por inundação (CORDEIRO *et al.*, 2010; STRCK *et al.*, 2019), mas alguns genótipos responderam muito bem ao plantio de sequeiro, sendo superiores em produtividade às cultivares de arroz indicadas para terras altas (Tabela 3).

Table 3 - Rice productivity from different genotypes and estimation of the adaptability and stability parameter. Lavras/MG, 2016/2017 and 2017/2018 harvests

Tabela 3 - Produtividade de arroz de diferentes genótipos e estimativa do parâmetro de adaptabilidade e estabilidade. Lavras/MG, safras 2016/2017 e 2017/2018

Genotypes	2016/2017*	2017/2018*	General Average	σ_{ig}
	harvest	harvest		
kg ha ⁻¹				
Aromatic	3904 Ba	5249 Aa	4577	197
BRSMG Caçula**	2520 Bb	4531 Ab	3526	145
BRSMG Caravera **	2473 Bb	3958 Ab	3216	142
IAC 300 (Arboreal)	3063 Ab	3111 Ac	3087	118
IAC 400 (Japanese)	1378 Bc	2681 Ac	2030	80
YIN LU 31	2692 Ab	1986 Ad	2339	76
IAC 500 (Aromatic)	1895 Ac	1729 Ad	1812	66
Formoso	1533 Ac	1114 Ae	1324	43
SCS119 Rubi	703 Bd	2906 Ac	1805	42
BRSMG Relâmpago**	568 Bd	5413 Aa	2991	37
Japonês (Epamig)	447 Bd	2188 Ad	1317	27
IAC 600 (Black)	1552 Ac	309 Bf	931	13
CMG 1164	1677 Ac	302.08 Bf	987	13
SCS120 Ônix	0 Bd	2006.95 Ad	1004	2
Environment Average	1743	2678	2210	

*Averages followed by the same letter, uppercase horizontally and lowercase vertically, do not differ by the Scott & Knott test ($p \leq 0.05$). ** Standard genotypes.

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott. ($p \leq 0,05$). **Genótipos padrão.

In the 2016/2017 harvest, the average productivity was inferior. The Japanese genotypes (Epamig), BRSMG Relâmpago, SCS119 Rubi, and SCS 120 Onix did not have satisfying germination, which probably influenced a low rainfall (15.4 mm) right after planting (Figure 1). The SCS119 Rubi and SCS120 Onix genotypes revealed a high incidence of brown spots, which also compromised productivity. In the 2017/2018 crop year, there was a better watering condition, with precipitation right after planting of 126.4 mm and a total of 687.9 mm in the crop development cycle, contrasting with the previous crop, which was almost half (382.4 mm) (Figure 1).

Na safra 2016/2017 a média de produtividade foi menor. Os genótipos Japonês (Epamig), BRSMG Relâmpago, SCS119 Rubi e SCS 120 Ônix não tiveram uma boa germinação, o que pode ser resultado da baixa precipitação (15,4 mm) logo após o plantio (Figura 1). Os genótipos SCS119 Rubi e SCS120 Ônix apresentaram alta incidência de mancha-parda, o que também comprometeu a produtividade. Na safra 2017/2018, houve melhor condição de molhamento, com precipitação logo após o plantio de 126,4 mm e total no ciclo de desenvolvimento da cultura de 687,9 mm, contrastando com a safra anterior que foi quase a metade (382,4 mm) (Figura 1).

The findings in this study also indicated that in all crops assessed, the Aromatic genotype is among the most productive, presenting a yield of 5249 kg ha⁻¹ in the 2017/2018 harvest (Table 3). The IAC 300 (Arboreal) also stood out in the two crops with productivity above 3000 kg ha⁻¹ under rainfed conditions. Moreover, Aromatic and IAC 300 genotypes were comparable or superior to the commercial BRSMG Relâmpago, BRSMG Caravera, and BRSMG Caçula genotypes, most indicated for upland areas and considered to be standards. Furthermore, it was observed that the productivity of IAC 300 and Aromatic was higher than the average dry rice yield in the state of Minas Gerais, which was 867 kg ha⁻¹, and lower than the average irrigated rice, which was 6631 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021). On the other hand, it had lower production cost and more sustainability due to the non-use of water for irrigation (PORTUGAL *et al.*, 2015).

Both IAC 300 and Aromatic hold the potential to attract rice consumers due to their flavor and prices that are superior to regular rice, which could boost the income of rice producers (MIA *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2019). These genotypes are alternatives that dominate a specific market niche (BARNI *et al.*, 2015). According to Barni *et al.* (2015) and Lima *et al.* (2019), the presence of aroma is a feature of high-value-added, having the help of the media to publicize and highlight its functional characteristics, expanding the commercialization of this special type of rice.

In a study evaluating the population's reaction to the consumption of Aromatic, developed by Embrapa, for cultivation in upland areas, Ferreira *et al.* (2003) observed that the highest acceptance was among consumers aged 21 to 40 years, with higher per capita income and the majority (about 80%) with high school and high school. These authors also suggested, as a strategy for introducing aromatic rice on the market, the packaging in small portions (1kg), making suggestions for consumption on peculiar occasions, and the preparation of special dishes such as rice pudding, risotto, and others. This strategy can also be applied for the IAC 300, proper for Italian cuisine. Barni *et al.* (2015) stated the need to establish a marketing strategy that emphasizes its nutritional properties and affordable prices.

Rainfed cultivation carried out in the 2016/2017 harvest was classified as an unfavorable environment, according to the method by Annicchiarico (1992), due to low rainfall. Nevertheless, Aromatic, IAC 300, BRSMG Caçula (standard), and BRSMG Caravera (standard) were classified with lower risk to rainfed planting in both crops, considering this same method.

O genótipo Aromático foi agrupado entre os mais produtivos em todas as safras, com produtividade de 5249 kg ha⁻¹ na safra 2017/2018 (Tabela 3). O IAC 300 (Árboreo) também se destacou nas duas safras com produtividades superiores a 3000 kg ha⁻¹ em condições de sequeiro. Os genótipos Aromático e IAC 300 foram comparáveis e/ou superiores às comerciais, BRSMG Relâmpago, BRSMG Caravera e BRSMG Caçula, indicadas para terras altas e consideradas padrões. Observa-se que a produtividade do IAC 300 e do Aromático são superiores ao rendimento médio de arroz sequeiro em Minas Gerais, que é de 867 kg ha⁻¹, e inferior à média de arroz irrigado, que é de 6631 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021), mas com custo menor de produção e mais sustentável, pela não utilização da água para irrigação (PORTUGAL *et al.*, 2015).

Tanto IAC 300 quanto o Aromático possuem potencial para atrair o consumidor de arroz pelo sabor, assim como seu preço mais alto que o arroz comum pode impulsionar a condição econômica do produtor de arroz (MIA *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2019), como uma opção que ocupa um nicho de mercado específico (BARNI *et al.*, 2015). Segundo Barni *et al.* (2015) e Lima *et al.* (2019), a presença de aroma é considerada uma característica de alta agregação de valor, dentre os tipos especiais de arroz, tendo o auxílio da mídia divulgando e destacando as suas características funcionais.

Em estudo de avaliação da reação da população ao consumo do Aromático, desenvolvida pela Embrapa, para cultivo em terras altas, Ferreira *et al.* (2003) observaram que a maior aceitação se deu entre os consumidores de 21 a 40 anos, com maior renda per capita e, em sua maioria (cerca de 80%), com segundo e terceiro grau completo. Esses autores também sugeriram, como estratégia para introdução do arroz aromático no mercado, o acondicionamento em embalagens pequenas de 1 kg, fazendo sugestões para consumo em ocasiões singulares e para elaboração de pratos especiais como arroz doce, risoto e outros. Essa estratégia pode ser utilizada também para o IAC 300, indicado para culinária italiana. Barni *et al.* (2015) sugeriram que há necessidade de definir estratégia de marketing que destaque suas propriedades nutricionais e preços mais acessíveis.

O cultivo sequeiro realizado na safra 2016/2017 foi classificado como ambiente desfavorável, conforme método de Annicchiarico (1992), devido à baixa precipitação pluviométrica. No entanto, Aromático, IAC 300, BRSMG Caçula (padrão) e BRSMG Caravera (padrão) foram classificados com menor risco no plantio em sequeiro nas duas safras, considerando esse mesmo método.

By the method proposed for all environmental conditions (general adaptability), the Aromatic and IAC 300 genotypes showed better behavior in the two analyzed crops and higher productive stability. It can be recommended for cultivation by farmers in the southern region of Minas Gerais and Campos das Vertentes under rainfed conditions or even indicated for improvement programs, given the superiority concerning the characteristic grain production.

The inclusion of special rice genotypes in studies for rice cultivation in upland rice raises the possibility of finding and developing genotypes that are more adaptable to this upland condition. Besides, it presented as an excellent cultivation option compared to conventional rice, as it serves an expanding market niche.

CONCLUSION

For environmental conditions, the Aromatic and IAC 300 genotypes presented high average yield (4577 and 3087 kg ha⁻¹, respectively), good stability, and adaptability;

The Aromatic and IAC 300 genotypes can be recommended for cultivation by farmers in the southern region of Minas Gerais and Campos das Vertentes in upland conditions or for use in breeding programs.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the Minas Gerais Research Funding Foundation (Fapemig) and the National Council of Scientific and Technological Development (CNPq) for funding projects and scholarships.

Pelo método proposto, para todas as condições ambientais (adaptabilidade geral), os genótipos Aromático e IAC 300 apresentaram comportamento superior nas duas safras analisadas e maior estabilidade produtiva, podendo ser recomendadas para cultivo pelos agricultores na região do Sul de Minas e Campos das Vertentes em condições de sequeiro ou ainda indicadas para programas de melhoramento, tendo em vista a superioridade em relação à característica produção de grãos.

A inclusão de genótipos especiais de arroz em pesquisas para cultivo de arroz em terras altas eleva a possibilidade de encontrar e desenvolver genótipos mais adaptáveis a essa condição de sequeiro, podendo ser excelente opção de cultivo ao arroz convencional, por atender um nicho de mercado em expansão.

CONCLUSÕES

Para as condições ambientais, os genótipos Aromático e IAC 300 apresentaram alta produtividade média (4577 e 3087 kg ha⁻¹, respectivamente), boa estabilidade e adaptabilidade;

Os genótipos Aromático e IAC 300 podem ser recomendados para cultivo pelos agricultores na região do Sul de Minas e Campos das Vertentes em condições de Terras Altas ou para uso em programas de melhoramento.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento de projetos e bolsas.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ALVES, N. B. Avanço do programa de melhoramento genético de arroz de terras altas e ganhos para resistência a doenças fúngicas. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 109p., il., 2018.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar Adaptation and Recommendation from Alfalfa Trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 46, p. 269-278, 1992. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paolo-Annicchiarico/publication/292006732_Cultivar_adaptation_and_recommendation_from_alfalfa_trials_in_Northern_Italy/links/58382a1608aed5c614880f4c/Cultivar-adaptation-and-recommendation-from-alfalfa-trials-in-Northern-Italy.pdf.
- BARNI, E. J.; SILVA, M. C.; WICKERT, E.; NOLDIN, J. A. Oportunidades de Mercado para tipos especiais de arroz em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, p. 71-77, 2015. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/164/73>.
- BUTTERY, R. G.; HADDON, W. F.; SEIFERT, R. M.; TURNBAUGH, J. G. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, n. 4, p. 823-826, 1983. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf00118a036>.
- COELHO, J. D. Arroz: produção e mercado. **Caderno Setorial ETENE**, Ano 6, n. 156, 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/698/1/2021_CDS_156.pdf.
- CONAB. 11º Levantamento - Safra 2020/21 - Estimativas - Produção e Balanço de Oferta e Demanda. Disponível em: [http:// https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos](http://https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos).
- CORDEIRO, A. C. C.; RANGEL, P. H. N.; MEDEIROS, R. D. Avaliação de linhagens de arroz irrigado com tipo de grão para a culinária japonesa para o Estado de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 74-79, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v4i2.365>
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2003. 585p. (Volume 2).
- FERREIRA, C. M.; NEVES, P. C.; CHAVES, R. Q.; BASSINELLO, P. Z. Arroz Aromático: Uma Nova Opção de Arroz para o Mercado. Comunicado Técnico 60, 1ª Edição. 2003. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/212402>.
- FONSECA, R. F.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P.; SOARES, A. A.; PEREIRA, J. A.; LOBO, V. L. S.; RESENDE, J. M. Descrição morfológica, agrônômica, fenológica e culinária de alguns tipos especiais de arroz (*Oryza sativa* L.). **Série Documentos**, 210, 28p, 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/211348>
- IAC. Centro de grãos e fibras. 2021 Cultivares arroz. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/arroz.php>
- LIMA, R. H. P.; LOPES, H. M.; MENEZES, B. R. S.; PEREIRA, M. B.; MOREIRA, L.B. Desempenho Agrônômico de tipos especiais de arroz sob sistema de irrigação por inundação e transplante de mudas. **Magistra**, v. 30, p. 331-335, 2019. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/731/401>.
- MENEZES, B. R. S.; MOREIRA, L. B.; LOPES, H. M.; PEREIRA, M. B. Caracterização morfoagronômica em arroz vermelho e arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 490-499, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i4.11876>.
- MIA, M. A. B.; DAS, M. R.; KAMRUZZAMAN, M.; TALUKDER, N. M. Biochemical Traits and Physico-Chemical Attributes of Aromatic-Fine Rice in Relation to Yield Potential. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 1788-1795, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.312A219>.
- PASSERI-LIMA, R. H.; MOREIRA, L. B.; LOPES, H. M.; PEREIRA, M. B.; MENEZES, B. R. S.; MARINHO, D. V. Divergência genética entre tipos especiais de arroz a partir de técnicas multivariadas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 3, p. 299- 304, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5965/223811711932020299>.

- PORTUGAL, J. R.; TARSITANO, M. A. A.; PERES, A. R. ARF, O. Análise econômica do cultivo do arroz de terras altas com e sem irrigação. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 27, p. 104-110, 2015. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2994>.
- RIBEIRO, F. A. Caracterização da qualidade de grãos e determinação de presença de aroma em arroz de tipo Basmati. 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9924>
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529204>.
- SOARES, A.A.; REIS, M.S.; CORNÉLIO, V.M.O.; LEITE, N.A.; SOARES, P.C.; SANTOS, V.B.; CONDÉ, A.B.T; REIS, W.P. BRSMG Caçula: very early upland rice cultivar for Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v, 13, p. 208-211, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1984-70332013000300010>
- SOARES, A. A.; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. O.; SOARES, P. C.; COSTA JÚNIOR, G. T.; GUEDES, J. M.; LEITE, N. A. BRSMG Relâmpago; an early upland rice cultivar with high grain quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v, 10, n. 2, p. 176-179, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267229628_BRSMG_Relampago_an_early_upland_rice_cultivar_with_high_grain_quality.
- SOARES, A. A.; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. O.; SOARES, P. C.; COSTA JÚNIOR, G. T.; GUEDES, J. M.; LEITE, N. A.; SOUZA, M. A.; DIAS F. P. BRSMG Caravera: cultivar de arroz para terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 937-940, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700020>.
- STRECK, E. A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; AGUIAR, G. A.; FACCHINELLO, P. K.; FAGUNDES, P. R. R. Genotypic performance, adaptability and stability in special types of irrigated rice using mixed models. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 1, p. 66-75, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190008>.
- WICKERT, E; SCHIOCCHET, M. A.; NOLDIN, J. A.; RAIMONDI, J. V.; ANDRADE, A.; SCHEUERMANN, K. K.; MARSCHALEK, R.; MARTINS, G. N.; HICKEL, E.; EBERHARDT, D. S.; KNOBLAUCH, R. Exploring Variability: New Brazilian Varieties SCS119 Rubi and SCS120 Onix for the Specialty Rices Market. **Open Journal of Genetics**, v. 4, n. 2, p. 157-165. 2014. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojgen.2014.42016>.
- VILLAR, M. L. P. Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação. Cuiabá: EMPAER-MT, 182p., 2007.