

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS  
ALTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO EM IMPLANTAÇÃO EM  
JABOTICABAL-SP NA SAFRA 2023/24**

**Discente: João Manoel Romão Ikegami**

**Jaboticabal - SP  
2º Semestre/2024**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS  
ALTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO EM IMPLANTAÇÃO EM  
JABOTICABAL-SP NA SAFRA 2023/24**

Discente: João Manoel Romão Ikegami

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Checchio Mingotte

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP  
2º Semestre/2024

I26d

Ikegami, João Manoel Romão

Desempenho agronômico de cultivares de arroz de terras altas no sistema plantio direto em implantação em Jaboticabal-SP na safra 2023/24 / João Manoel Romão Ikegami. -- Jaboticabal, 2024

50 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Fábio Luíz Checchio Mingotte

1. Oryza sativa. 2. Competição de cultivares. 3. Produtividade de grãos. 4. Índice de colheita. I. Título.

## JOÃO MANOEL ROMÃO IKEGAMI

### DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO EM IMPLANTAÇÃO EM JABOTICABAL-SP NA SAFRA 2023/24

Trabalho de Iniciação Científica apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.


Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Checchio Mingotte

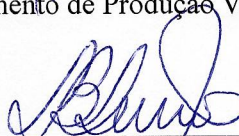
Área de Concentração: Fitotecnia / Agricultura


Data da defesa: 04/10/2024

Aprovado  
 Reprovado

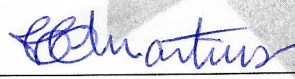
Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fábio Luiz Checchio Mingotte  
Departamento de Produção Vegetal, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Leandro Borges Lemos  
Departamento de Produção Vegetal - FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP.

  
\_\_\_\_\_  
MSc. Pablo Cesar Caballero Romero  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) - FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP.

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 10/10/2024

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Cibele Chalita Martins  
Chefe do Departamento

## **OFERECIMENTOS**

Ao meu pai, Arnaldo Kazutoshi Ikegami Neto, à minha mãe, Maria Izabel Romão Ikegami, ao meu irmão, Gabriel Romão Ikegami, e a minha irmã, Tiemy Araújo Ikegami que sempre me deram todo apoio. E a todos da minha família que contribuíram para minha formação.

A todos colegas que nesse período de graduação estiveram comigo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar saúde e disposição nessa jornada.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, em especial à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, campus de Jaboticabal-SP pelos ensinamentos, estrutura e serviços prestados e ao Departamento de Produção Vegetal pela oportunidade de desenvolver meu trabalho de conclusão de curso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Luiz Checchio Mingotte, pelos ensinamentos, por confiar no meu trabalho e por sua dedicação juntamente ao Departamento de Produção Vegetal da FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP. Seu apoio e orientação foram imprescindíveis para a conclusão deste trabalho e para meu amadurecimento acadêmico e profissional.

Aos pesquisadores Dr. Adriano Pereira de Castro da Embrapa Arroz e Feijão e Dr. Alisson Fernando Chiorato do Instituto Agrônomo de Campinas pela cessão das sementes das cultivares utilizados no experimento.

Aos meus pais, Arnaldo Kazutoshi Ikegami Neto e Maria Izabel Romão Ikegami, pelos ensinamentos, por acreditarem e me apoiarem nas minhas decisões, e também toda minha família e amigos pelos incentivos e companheirismo.

Aos meus amigos, Pedro Henrique Porcino Turciani e Inácio Portinari, pela companhia nos momentos felizes e nas adversidades e aos colegas de estágio e funcionários do departamento, por toda ajuda e pelo apoio que possibilitaram a realização do experimento.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

## DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO EM IMPLANTAÇÃO EM JABOTICABAL-SP NA SAFRA 2023/24

**RESUMO** - No intuito de incrementar a produtividade de grãos e, ao mesmo tempo reduzir o consumo de insumos e consequentemente o custo de produção, deve ser investigado e preconizado o uso de cultivares adaptadas aos diferentes sistemas de produção, principalmente no sistema plantio direto (SPD). O objetivo do trabalho foi avaliar cultivares de arroz de terras altas quanto ao desempenho agronômico no sistema plantio direto em implantação em Jaboticabal-SP na safra 2023/24. O experimento foi conduzido na área de pesquisa da FCAV/UNESP, em Jaboticabal-SP durante a safra 2023/24 sob Latossolo Vermelho eutrófico em período de implantação de SPD em sucessão ao cultivo de milho. O delineamento experimental foi organizado em blocos ao acaso, sendo os tratamentos compostos por nove cultivares de arroz de terras altas (BRS A501CL, BRS A502, BRS A503, BRS Esmeralda, BRS Sertaneja, BRSGO Serra Dourada, Caiapó, IAC202 e IAC203) dispostos em três repetições. Cada parcela foi formada por 6 linhas de 4m de comprimento, mantendo-se 1m entre parcelas, sendo úteis as 4 linhas centrais, desprezando-se 0,5m de cada extremidade. A semeadura foi realizada no dia 13/12/2023 em sucessão ao milho, distribuindo-se 250 sementes m<sup>-2</sup> no espaçamento 0,25m entre linhas. A adubação de semeadura foi correspondente a 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 04-20-20. Durante o estágio fenológico R1 (diferenciação da panícula) foi realizada adubação de cobertura, aplicando-se 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, via ureia. O experimento foi conduzido sob irrigação por aspersão convencional, sendo aplicados turnos de rega a cada 4-5 dias. Adicionalmente, o manejo fitossanitário foi realizado aplicando-se defensivos recomendados para a cultura conforme a necessidade. Ao final do ciclo, por ocasião da maturidade fisiológica (R9), realizou-se, em cada parcela, amostragens e avaliações determinando-se a altura das plantas, grau de acamamento, número de panículas por área, número de espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 1000 grãos, produtividade de grãos em casca e índice de colheita. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,05) e as médias foram agrupadas pelo teste Scott-Knott (P<0,05). A cultivar Caiapó apresentou maior altura de inserção da folha bandeira e alturas de plantas, juntamente com a cultivar BRSA501CL, favorecendo maior índice de acamamento por ocasião da colheita. A produtividade média de grãos foi de 5,4 t ha<sup>-1</sup> sem diferenças entre as cultivares avaliadas porém com potencial diferença econômica. Contudo, as condições climáticas da safra 2023/24 podem ter influenciado negativamente a fertilidade das espiguetas, comprometendo o potencial produtivo das cultivares avaliadas. Com relação ao índice de colheita, as cultivares BRS A501CL, BRS A502, BRS Esmeralda, BRS Sertaneja, BRSGO Serra Dourada, IAC202 e IAC203 apresentaram superioridade em relação às demais.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa*, competição de cultivares, produtividade de grãos, índice de colheita.

## AGRONOMIC PERFORMANCE OF UPLAND RICE CULTIVARS IN THE NO-TILLAGE SYSTEM IMPLEMENTED IN JABOTICABAL-SP IN THE 2023/24 HARVEST

**Abstract** - In order to increase grain productivity and, at the same time, reduce input consumption and, consequently, production costs, the use of cultivars adapted to different production systems, especially in the no-tillage system (NTS), should be investigated and recommended. The objective of this study was to evaluate upland rice cultivars regarding their agronomic performance in the no-tillage system implemented in Jaboticabal-SP in the 2023/24 harvest. The experiment was conducted in the FCAV/UNESP research area, in Jaboticabal-SP, during the 2023/24 harvest under a eutroferic Red Latosol during the period of NTS implementation following millet cultivation. The experimental design was organized in randomized blocks, with treatments consisting of nine upland rice cultivars (BRS A501CL, BRS A502, BRS A503, BRS Esmeralda, BRS Sertaneja, BRSGO Serra Dourada, Caiapó, IAC202, and IAC203) arranged in three replicates. Each plot consisted of 6 rows of 4 m in length, maintaining 1 m between plots, the 4 central rows being useful, discarding 0.5 m from each end. Sowing was carried out on 12/13/2023 in succession to millet, distributing 250 seeds  $m^{-2}$  in a spacing of 0.25 m between rows. Sowing fertilization corresponded to 300 kg  $ha^{-1}$  of the formula 04-20-20. During the R1 phenological stage (panicle differentiation), topdressing fertilization was performed by applying 100 kg  $ha^{-1}$  of N via urea. The experiment was conducted under conventional sprinkler irrigation, with irrigation shifts applied every 4-5 days. Additionally, phytosanitary management was performed by applying pesticides recommended for the crop as needed. At the end of the cycle, at physiological maturity (R9), sampling and evaluations were performed in each plot to determine plant height, degree of lodging, number of panicles per area, number of spikelets per panicle, spikelet fertility, 1000-grain weight, grain yield in the husk and harvest index. Data were subjected to analysis of variance by the F test ( $p < 0.05$ ) and the means were grouped by the Scott-Knott test ( $P < 0.05$ ). The Caiapó cultivar showed a higher height of flag leaf insertion and plant heights, together with the BRSA501CL cultivar, favoring a higher lodging index at harvest. The average grain yield was 5.4 t  $ha^{-1}$  with no differences among the evaluated cultivars, but with potential economic difference. However, the climatic conditions of the 2023/24 harvest may have negatively influenced the fertility of the spikelets, compromising the productive potential of the evaluated cultivars. Regarding the harvest index, the cultivars BRS A501CL, BRS A502, BRS Esmeralda, BRS Sertaneja, BRSGO Serra Dourada, IAC202 and IAC203 showed superiority in relation to the others.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa*, cultivar competition, grain yield, harvest index.

## 1. INTRODUÇÃO

Estima-se que a produção mundial de alimentos deverá aumentar consideravelmente para atender a demanda da população mundial que já superou 8 bilhões de pessoas, com estimativa de atingir 10 bilhões em 2050 (FAOSTAT, 2023) evidenciando a necessidade de implementação dos objetivos de desenvolvimento sustentável - ODS (ONU, 2023). Neste cenário, os modelos de sustentabilidade impedem a abertura de novas áreas, exigindo melhorias nos índices de produtividade agrícola, com destaque para o arroz (*Oryza sativa*) um dos alimentos mais consumidos no mundo (CARVALHO et al., 2020). Por outro lado, quanto ao ganho genético, via melhoramento convencional, a probabilidade de ocorrer aumento na produtividade do arroz é baixa, em virtude da estabilidade observada nesta cultura, mesmo com a evolução recente do método de hibridação em programas de melhoramento genético (BRESEGHELLO et al., 2011; FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2014).

No Brasil, na safra 2023/24, foram produzidas cerca de 10,49 milhões de toneladas de grãos de arroz em 1,579 milhões de hectares, resultando na produtividade média de 6,66 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2024). De forma geral, a produtividade média do arroz de terras altas (regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste) do Brasil vem variando de 2,8 a 4 t ha<sup>-1</sup> sendo relativamente inferior ao sistema irrigado no Sul do país com variações de 7,3 a 8,1 t ha<sup>-1</sup>; considerando-se as safras 2013/14 e 2023/24 (IBGE/LSPA, 2024). Este fato se dá devido às diferentes condições edafoclimáticas nas quais a cultura do arroz é submetida. Adicionalmente, a recomendação regional de cultivares

direcionada aos sistemas conservacionistas como o SPD, pode permitir o alcance de maiores níveis produtivos.

A produtividade de grãos é dependente de fatores genéticos e ambientais (FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2001; FREITAS et al., 2001). Desta forma, considerando-se as lacunas de produtividade entre os sistemas de produção de arroz no Brasil, deve-se constantemente preconizar a adaptação de novas cultivares aos diferentes ambientes de produção bem como a implementação de avanços tecnológicos destinados às lavouras (CARVALHO et al., 2020) estabelecendo-se a sustentabilidade na cadeia produtiva (CASTRO; FERREIRA; SILVA, 2022).

A obtenção de cultivares adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas, bem como aos distintos sistemas de produção, é uma estratégia promissora para elevação da produtividade agrícola, redução nos custos de produção e sustentabilidade (MAE et al., 1997; FAGERIA et al., 2010; TAJINI; DREVON, 2014; CHEN et al., 2015). Alternativas para incrementar a produtividade de grãos, recaem sobre a geração e recomendação de cultivares adaptadas aos ambientes de cultivo; além do manejo diferenciado e uso de tecnologias eficientes nas lavouras. Neste sentido, o sistema plantio direto (SPD) vêm ganhando espaço no contexto da agricultura conservacionista, pois permite a produção de alimentos economicamente viável, aliada à conservação dos recursos naturais. Neste aspecto, conhecer o desempenho agrônômico das cultivares modernas quando submetidas em distintos sistemas de cultivo visando incrementar a produtividade de grãos do arroz de terras altas é uma

alternativa sustentável que pode promover sua viabilidade econômica e ambiental (MOMESSO et al., 2020).

Conforme o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomo de cultivares de arroz de terras altas no sistema plantio direto em implantação durante a safra 2023/24 na cidade de Jaboticabal-SP.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Aspectos gerais sobre a cultura do arroz**

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma planta da família das gramíneas, do gênero *Oryza*, que possui em torno de vinte espécies, sendo a mais cultivada a *Oryza sativa* (JULIANO, 1993), tendo principal centro de origem no Sudeste da Ásia. A espécie *Oryza sativa* é uma monocotiledônea da família das Poaceae. Como tal, caracteriza-se por possuir caules ocos, flores reduzidas de cor verde e aquênios especializados, ou cariopses, como frutos (EMBRAPA Arroz e Feijão, 2023).

O grão de arroz consiste na cariopse e de uma camada protetora, a casca. A casca, composta de duas folhas modificadas, a pálea e a lema, corresponde a cerca de 20% do peso do grão. A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o pericarpo, o tegumento e a camada de aleurona, que representam 5-8% da massa do arroz integral. A camada de aleurona apresenta duas estruturas de armazenamento proeminentes, os grãos de aleurona (corpos proteicos) e os corpos lipídicos. O embrião ou gérmen está localizado no lado ventral na base do grão, é rico em proteínas e lipídios, e representa 2-3% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão (89-94% do arroz integral) e consiste de células ricas em grânulos de amido e com alguns corpos proteicos (JULIANO & BECHTEL, 1985).

### **2.2. Sistemas de cultivo de arroz no Brasil**

A maior parcela da produção de arroz no Brasil é proveniente do ecossistema várzeas, onde a orizicultura irrigada, no ano de 2022, foi responsável por 93,1% do total da produção nacional (EMBRAPA Arroz e Feijão, 2023), sendo considerada um estabilizador da safra nacional, uma vez que não é tão dependente das condições climáticas como no cultivo de sequeiro.

No sistema de terras altas, o arroz pode ser cultivado com irrigação suplementar por aspersão ou sem irrigação, ou seja, a disponibilidade de água para a cultura é totalmente dependente da ocorrência de chuva. O sistema de cultivo de arroz com irrigação por aspersão caracteriza-se pelo intenso uso do solo, com rotação de culturas e elevado uso de tecnologia. Os plantios feitos na estação chuvosa, durante os meses de outubro a maio, fazem uso da irrigação de forma suplementar. No início do período “das águas”, a ocorrência de chuva é incerta e, em janeiro e fevereiro, podem acontecer períodos de estiagem, denominados veranicos (EMBRAPA Arroz e Feijão, 2021). Em relação à participação sobre a produção nacional, o sistema de arroz de terras altas teve representatividade de 6,9% no ano de 2022 (Embrapa Arroz e Feijão, 2023).

### **2.3. A produção de arroz no Brasil e no mundo**

A produção mundial de arroz em casca em 2022 foi de 774,5 milhões de toneladas colhidas em uma área de 165,03 milhões de hectares, com uma produtividade média de 4.705 kg ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2024).

Na safra de 2023/24, o Brasil semeou 1,58 milhões de hectares de arroz, com produtividade média de 6.664 kg/ha, gerando uma produção nacional de

10,5 milhões de toneladas. A área de arroz irrigado foi estimada em 1,25 milhões de hectares, com aumento de 6,3%, comparando-se à safra passada. Quanto ao arroz de sequeiro, houve um aumento de área em 7,1% em relação à safra 2022/23, estimada, para a safra 2023/24, em 325,1 mil hectares (CONAB, 2024).

No período analisado de 12 anos, ou seja, de 2013 a 2024, verificou-se no Brasil uma redução da área destinada à produção de arroz de terras altas. A área total plantada de arroz de sequeiro passou de aproximadamente 830 mil hectares em 2013, para 325,1 mil hectares em 2024, ou seja, um decréscimo de 60,4% (CONAB, 2024; IBGE/LSPA, 2024).

No mesmo período, a produção de arroz de terras altas passou de 1,6 milhão de toneladas em 2013 para, aproximadamente, 0,9 milhão de toneladas em 2024. Neste sistema de cultivo, houve redução em cerca de aproximadamente 44% na produção (IBGE/LSPA, 2024). Essas reduções ocorreram, notadamente, em consequência da substituição do arroz, como monocultura, por outras culturas até então mais rentáveis ao produtor, como a soja, milho, algodão, cevada, cítricos, gramíneas e mais recentemente, a cana-de-açúcar, nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste do Brasil (EMBRAPA Arroz e Feijão, 2023).

Em relação à produtividade do período citado, foram constatados incrementos na produtividade, variando de 2.8 a 4 t ha<sup>-1</sup>, com um aumento de 44,4% da safra 2013/14 para 2023/24 (IBGE/LSPA, 2024). Esta conquista em incrementos de produtividade do arroz, especialmente, se explica pelo zelo dos produtores na condução do sistema de produção, racionalizando os fatores de

produção e otimizando o uso de tecnologias, além da migração da produção para áreas com menos restrição hídrica (aumento da proporção das áreas irrigadas na produção total). Adiciona-se que a capacitação dos produtores, a adoção de novas soluções tecnológicas e o compromisso com a preservação do meio ambiente, culminaram na combinação do poupa terra, ou seja, o aumento da produção sem aumentar ou até mesmo reduzindo as áreas, comumente utilizadas para a lavoura. Isso, tem impactado positivamente a renda dos produtores e favorecido ao mercado, com a disponibilidade de um produto de melhor qualidade e com preço mais acessível ao consumidor (EMBRAPA Arroz e Feijão, 2023).

No ano de 2024, em decorrência das frequentes e volumosas chuvas, houve alagamentos, inundações e extravasamento dos rios, no Rio Grande do Sul, principal produtor de arroz. Os prejuízos às lavouras ainda estão sendo mensurados, mas já é certo que haverá perdas de lavouras. Em contrapartida, as áreas com arroz de sequeiro tiveram problemas com a escassez hídrica na fase de enchimento de grãos, principalmente devido à estiagem na fase inicial da cultura, e com a ocorrência de plantas daninhas, principalmente após a regularidade das chuvas, apresentando médias de produtividade mais baixas que o esperado. A produtividade média deve reduzir, conforme os impactos oriundos da situação catastrófica no Rio Grande do Sul e a restrição hídrica no Centro-Oeste e Sudeste (CONAB, 2024).

Tendo em vista esses problemas enfrentados nessa última safra, é de extrema importância o desenvolvimento de cultivares adaptadas ao sistema arroz de sequeiro para os próximos anos, pois os prejuízos ao sistema de arroz

de várzea ainda são difíceis de mensurar, sendo necessário o aumento de produtividade nas demais regiões para suprir a demanda nacional por arroz.

#### **2.4. Melhoramento genético e cultivares de arroz de terras altas**

O arroz (*Oryza sativa* L.) possui uma ampla variabilidade genética, permitindo o uso de várias técnicas de melhoramento genético para desenvolver variedades mais produtivas, resistentes a pragas e doenças, e tolerantes a estresses bióticos e abióticos, além de outras características agronômicas desejáveis (DANTAS, 2023).

É uma das culturas mais relevantes do mundo, e o melhoramento genético é uma ferramenta crucial para aumentar a produtividade e aprimorar a qualidade do produto final. Diversos métodos de melhoramento genético têm sido aplicados ao arroz, incluindo tanto métodos convencionais quanto técnicas mais recentes. Entre essas técnicas mais modernas, que antes eram utilizadas apenas em espécies alógamas, destacam-se a seleção recorrente e o desenvolvimento de híbridos (BORÉM, 2017).

Os estudos genéticos pioneiros com o arroz foram conduzidos na Ilha de Java, na Indonésia, por Van der Stock. No entanto, os primeiros trabalhos de melhoramento genético, propriamente ditos, começaram no Japão, em 1893, na Estação Experimental Agrícola Nacional (CHANG & LI, 1980). O primeiro método de melhoramento utilizado no arroz foi a seleção de variedades nativas do Japão, seguido pela seleção de linhagens. Após as primeiras hibridações artificiais em 1904, pesquisadores do programa japonês de melhoramento genético do arroz iniciaram a utilização do método

genealógico e, posteriormente, os métodos bulk e de mutação artificial (PEREIRA, 2002).

No Brasil, os primeiros trabalhos de melhoramento genético na cultura orizícola começaram em 1937 no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), com o objetivo de desenvolver variedades para o sistema de terras altas (Morais et al., 2006). O melhoramento do arroz no Brasil é dividido em três fases. A primeira, anterior a 1938, é marcada pelo aproveitamento da variabilidade genética das variedades locais e das introduções de materiais de outros países. A segunda fase, entre 1938 e 1970, se caracteriza pela obtenção de variabilidade genética por meio de hibridação, além de coletas e introduções de outros países. A terceira fase, que começou na década de 1970 e continua até hoje, é marcada pelas atividades desenvolvidas pela Embrapa e pelas instituições estaduais de pesquisa agropecuária (ABBUD, 1991; PEREIRA, 2002).

Segundo Morais et al. (2006), a história do melhoramento do arroz de terras altas na Embrapa pode ser dividida em duas fases distintas. A primeira, que abrange o período de 1975 a 1990, focou em ações voltadas para a tolerância à deficiência hídrica e, principalmente, resistência à brusone, um fator constantemente priorizado devido à sua relevância para a cultura. As treze cultivares liberadas para cultivo nessa fase destacavam-se por sua boa capacidade competitiva com plantas daninhas, devido à maior rusticidade, satisfatória tolerância a doenças e maior potencial produtivo em comparação com as cultivares antigas. Essas cultivares foram bem aceitas pelos produtores

devido à sua ampla adaptação, maior disponibilidade de sementes e características superiores às das variedades mais antigas.

Durante a primeira fase do melhoramento do arroz de terras altas na Embrapa, foram alcançados significativos ganhos genéticos na produção de grãos, graças à colaboração com as instituições estaduais de pesquisa. Para Soares & Ramalho (1993), o programa de melhoramento de Minas Gerais apresentou um progresso genético satisfatório entre 1980 e 1989, com estimativas de um ganho anual de 3,0%. Mais tarde, estimativas indicaram ganhos de 1,3% para as linhagens precoces e 3,4% para as de ciclo médio, no período de 1975 a 1995 (SOARES et al., 1999). No Paraná, o programa de melhoramento registrou um ganho anual de 1,3% na produção de grãos em arroz de terras altas (ABBUD, 1991). Esses ganhos, quando comparados com outras culturas, são considerados satisfatórios (MORAIS et al., 2006). Por exemplo, o melhoramento da soja no Paraná resultou em progressos genéticos anuais de 1,3% a 1,8% na produção de grãos entre 1981 e 1986 (TOLEDO et al., 1990). Para o sorgo, o aumento na produção de grãos de 1974 a 1988 foi, em média, de 1,5% ao ano (RODRIGUES, 1990). Em Minas Gerais, novos genótipos de feijão refletiram em um ganho genético anual de 1,9% em relação à cultivar Carioca, a mais plantada naquele estado (ABREU et al., 1994).

Para Moraes et al. (2006), a partir da década de 1990, teve início a segunda fase do melhoramento genético do arroz de terras altas na Embrapa. Nessa etapa, houve uma maior ênfase na qualidade dos grãos, além da contínua priorização da resistência à brusone, que sempre foi uma forte preocupação do programa. Houve também um foco na melhoria do ideótipo da

planta de arroz, com características como baixa estatura e alto potencial produtivo, para se adequar aos novos sistemas de cultivo de maior nível tecnológico. Embora a tolerância à deficiência hídrica ainda fosse importante, sua ênfase na primeira fase foi substituída pela busca pela qualidade dos grãos na segunda fase.

Segundo Moraes et al. (2006), a forte ênfase do programa brasileiro na melhoria da qualidade dos grãos do arroz de terras altas decorreu da crescente preferência pela característica longo fino, representativa da classe de grão agulhinha, que passou a ser reconhecida como "arroz de boa qualidade". Essa preferência foi impulsionada pela qualidade dos grãos do arroz irrigado cultivados no sul do país, que se tornou o padrão nacional a partir de 1980. O progresso no melhoramento genético para a qualidade dos grãos do arroz de terras altas foi notável na segunda fase, especialmente com o lançamento da cultivar BRS Primavera em 1997 que, para Soares et al. (2001) teve um impacto significativo devido à sua excelente qualidade culinária. As cultivares lançadas a partir desse período possibilitaram que a qualidade dos grãos do arroz de terras altas alcançasse níveis comparáveis ao arroz irrigado.

Para Breseghello et al. (2011), há ainda uma terceira fase, no período de 2002 a 2009, representando o estágio atual do programa de melhoramento genético da Embrapa. De acordo com os autores, houve um progresso genético significativo e de magnitude elevada para a produção de grãos nessa fase, com uma estimativa de 1,44% no período. Esse resultado reflete a forte pressão de seleção aplicada durante esse período para aumentar a produção de grãos, considerando que outros caracteres, como estatura da planta e ciclo,

já estão sob seleção estabilizadora e têm perspectivas de permanecerem estáveis, com ciclo de aproximadamente 80 dias e altura da planta em torno de 95 cm. Embora a qualidade dos grãos já tenha alcançado níveis satisfatórios, ela continuará sendo fortemente priorizada dentro do programa de melhoramento, assim como a resistência à brusone e a tolerância à deficiência hídrica, devido à sua importância para a cultura do arroz em ambientes tropicais.

A ampliação da base genética das cultivares de arroz de terras altas no Brasil tem sido proposta como uma estratégia para evitar, a médio e longo prazo, o estabelecimento de um platô nos ganhos genéticos, especialmente em termos de produção de grãos, e para prevenir a vulnerabilidade genética, ou seja, a perda de alelos de interesse para os programas de melhoramento genético (ABADIE et al., 2005). Uma das principais alternativas para isso é o aproveitamento da ampla diversidade presente na coleção de germoplasma, principalmente das variedades tradicionais que já estão adaptadas a uma ampla gama de ambientes. A coleção nuclear da Embrapa é composta por 550 acessos, dos quais 186 são destinados ao sistema de cultivo irrigado, 281 às terras altas e 83 ao sistema facultativo. Dentro dos 281 acessos destinados ao sistema de terras altas, 148 são variedades tradicionais, 76 são linhagens e cultivares introduzidas, e 57 são linhagens e cultivares brasileiras (BRONDANI et al., 2007)

O manejo de todo o germoplasma disponível ao mesmo tempo é inviável. Por isso, visando a sustentabilidade a longo prazo do arroz, o programa de melhoramento genético da Embrapa tem trabalhado com

subconjuntos do germoplasma chamados de populações. Essas populações são gerenciadas em dois níveis de intensidade de seleção. No primeiro nível, encontram-se as populações base, compostas por genótipos com uma concentração média de alelos favoráveis menor do que no segundo nível, onde estão localizadas as populações elite. A população elite consiste, basicamente, em um subconjunto da população base de melhoramento. No entanto, ela é sintetizada a partir de cruzamentos entre genitores elite, com o propósito de identificar genótipos transgressivos que possam ser lançados como novas cultivares (CASTRO, 2000; MORAIS, 2000a).

Cada população constituinte da população base possui pelo menos uma característica que a diferencia das demais, permitindo que seja manejada de forma isolada, conduzida e melhorada por meio da seleção recorrente. Essa subdivisão tem possibilitado uma exploração mais eficaz do germoplasma de arroz. A população base é enriquecida pelas ações de pré-melhoramento, que se concentram na identificação de alelos de interesse. No processo de melhoramento da população base, são mantidos tamanhos efetivos elevados para reduzir as perdas de alelos devido à deriva genética, o que resulta em ganhos genéticos menores por ciclo de seleção. A cada ciclo, é avaliada a possibilidade de incorporar os melhores genótipos das populações base nas populações elite. Essa incorporação é precedida por cruzamentos de teste para avaliar a capacidade de combinação do novo genitor com a população elite (CASTRO, 2000; MORAIS, 2000a).

O programa de seleção recorrente em arroz de terras altas no Brasil teve início em 1984, por meio dos esforços da Embrapa (Empresa Brasileira de

Pesquisa Agropecuária) / CNPAF (Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão), em colaboração com o IRAT (Institut de Recherches Agronomiques et des Cultivares Vivrières, França), atualmente conhecido como Cirad (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement). Essas instituições iniciaram o programa de melhoramento populacional com o objetivo de desenvolver populações capazes de fornecer linhagens promissoras para o desenvolvimento de híbridos. Para as condições de terras altas, a primeira população sintetizada foi a CNA-IRAT 5, obtida pelo cruzamento de 27 linhagens, sendo 26 da subespécie *japonica* e uma da subespécie *indica*. Essa era uma linhagem mutante originária da IR36, obtida por Sing & Ikehashi (1981), que apresentava o gene recessivo responsável pela esterilidade genética masculina (OLIVEIRA, 1997).

No caso do arroz de terras altas, atualmente a população base está compartimentalizada em populações de constituição genética distinta e sintetizada para objetivos específicos. Essas populações são: CG136, CG2710, CNA6 e CNA9, que vêm sendo melhoradas sistematicamente, focalizando produção de grãos, qualidade de grãos, resistência às doenças, tolerâncias à deficiência hídrica e outras características como resistência ao acamamento, precocidade, vigor e resistência às pragas (MORAIS JÚNIOR, 2013).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e características da área

O experimento foi instalado em área da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP. O clima predominante é do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno e altitude média de 565 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa (EMBRAPA, 2013), relevo com declividade de 6%, caracterizando-se como suave ondulado.

Anteriormente à instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm e destinadas às análises químicas conforme RAIJ et al. (1987), com resultados apresentados na tabela 1. Com base na análise realizada, seguindo as adubações de semeadura e cobertura, segundo recomendações para o cultivo do arroz de sequeiro (CRUSCIOL; CANTARELLA, 2022).

**Tabela 1** - Atributos químicos do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm da área experimental antes do cultivo de milho e arroz. Jaboticabal-SP, safra 2023/24.

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	SB	T	V	M.O
cm	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			-----		%	g dm <sup>-3</sup>	
0-20	4,1	53	3,6	26	10	43	40	83	48	21
20-40	5,4	42	3,7	22	9	26	35	61	57	17

Fonte: elaborado pelo autor

#### 3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos por nove cultivares de arroz de terras altas provenientes de distintos programas de melhoramento genético (BRS A501CL, BRS A502, BRS A503, BRS Esmeralda, BRS Sertaneja, BRSGO Serra Dourada, Caiapó, IAC202 e IAC203), dispostos em 3 repetições.

Cada parcela foi formada por 6 linhas de cultivo, espaçadas 0,25m entre si, com 4m de comprimento, mantendo-se 1m de distância entre parcelas, considerando-se úteis as 4 linhas centrais, desprezando-se 0,5m de cada extremidade.

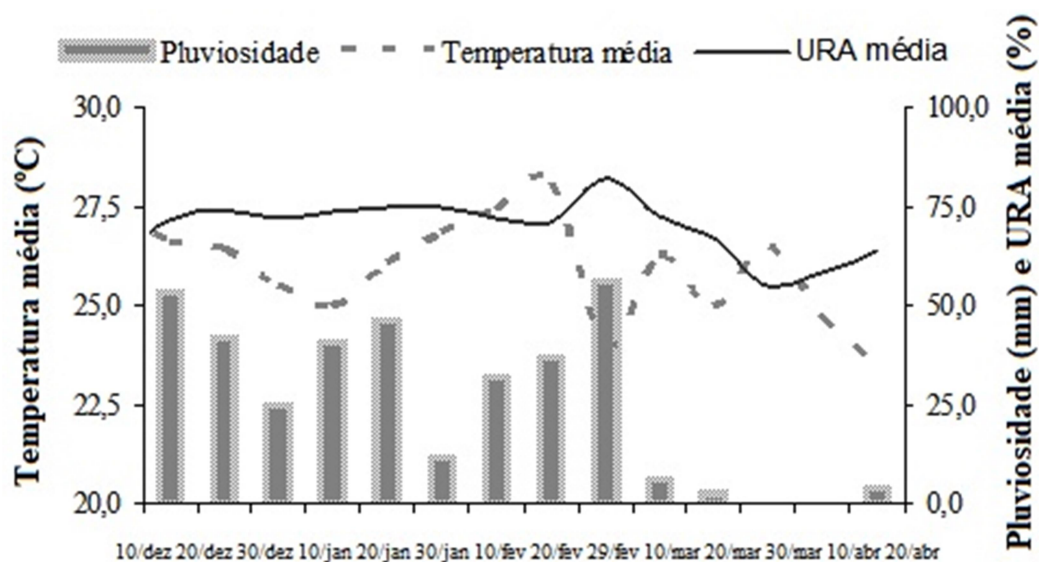
### **3.3 Condução experimental**

O experimento foi conduzido no sistema plantio direto (SPD) em sucessão ao milho (*Pennisetum glaucum L.*) semeado imediatamente após a colheita do cultivo de verão antecedente. O milho foi implantado no período de outono/inverno na densidade de 15 kg ha<sup>-1</sup>. Por ocasião do florescimento, o milho foi dessecado em 29/11/2023 com aplicação dos herbicidas Glyphosate e 2,4-D, nas dosagens de 1440 e 1209 g i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com volume de calda correspondente a 200 L ha<sup>-1</sup>; utilizando-se posteriormente o rolo faca para facilitar a implantação do experimento.

No dia 13/12/2023 foi realizada a abertura do sulco de semeadura, aplicando-se 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 04-20-20. A semeadura do arroz foi realizada manualmente, na densidade de 250 sementes m<sup>-2</sup> (aproximadamente 62,5 sementes m<sup>-1</sup>), no espaçamento de 0,25 m entre linhas. As sementes de arroz foram tratadas com inseticida Fipronil (50 g do i.a. para cada 100 kg de

sementes). O controle de plantas invasoras na cultura do arroz foi realizado mediante aplicação de Trifluralina Gold na dose de 1,35 L i.a. ha<sup>-1</sup> em pré-emergência, com volume de calda correspondente a 200 L ha<sup>-1</sup>, também foi realizada a capina manual ao longo do ciclo da cultura para controle de plantas invasoras em pós-emergência. A adubação de cobertura foi aplicada em dose única durante o estágio de diferenciação da panícula - R1 (ponto algodão) utilizando-se Ureia CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> na dose correspondente a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A cultura do arroz foi conduzida sob condições de sequeiro, caracterizando o sistema de produção de terras altas com uso de irrigação suplementar via aspersão convencional. Para tanto, foram aplicadas lâminas de irrigação correspondentes a 10-20mm em turnos de rega a cada 4-5 dias para suprir a necessidade hídrica da cultura (ALLEN et al., 1998). Ao longo do período experimental foram coletadas informações climáticas (Figura 1).



**Figura 1** – Dados sobre temperatura média (C°); pluviosidade (mm) e umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento. Jaboticabal-SP, ano agrícola 2023/24. Fonte: elaborado pelo autor

### 3.4 Avaliações

Ao final do ciclo, por ocasião da maturidade fisiológica (R9), realizou-se, em cada parcela, amostragens e avaliações determinando-se a altura de inserção da folha bandeira e das plantas, grau de acamamento, número de panículas por área, número de espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 1000 grãos, produtividade de grãos em casca e índice de colheita, conforme descrição a seguir.

**Altura de inserção da folha bandeira e das plantas (cm)** - foi efetuada em 10 plantas ao acaso por parcela, mediante a determinação de distância desde a superfície do solo até à inserção da folha bandeira e, à extremidade superior da panícula, respectivamente;

**Grau de acamamento** - foi determinado pela avaliação visual (da parcela), adotando-se a seguinte escala, 1 = sem acamamento; 3 = até 25% de plantas acamadas; 5 = de 25% a 50% de plantas acamadas; 7 = de 50% a 75% de plantas acamadas; 9 = de 75% a 100% de plantas acamadas;

**Comprimento da panícula** - foi efetuada nas mesmas panículas usadas para medir o número de espiguetas por panícula e número de ramos por panícula, mediante a determinação da distância, em centímetros, da base da panícula à ponta da última espiguetta.

**Número de panículas por área (panículas m<sup>-2</sup>)** - foi obtido por meio da contagem do número de panículas contidas em 1 linha da parcela, com dados convertidos para número de panículas por hectare;

**Número de espiguetas por panícula** - foi determinado em 10 panículas coletadas ao acaso em cada parcela;

**Número de ramos por panícula** - foi determinado em 10 panículas coletadas ao acaso em cada parcela;

**Massa de grãos por panícula** - foi determinado em 10 panículas coletadas ao acaso em cada parcela, em seguida a pesagem em balança eletrônica de precisão, corrigindo-se o teor de água para  $130 \text{ g kg}^{-1}$  (base úmida);

**Fertilidade das espiguetas (%)** - foi realizada contagem das espiguetas férteis e das espiguetas estéreis (chochas), e determinação da percentagem das espiguetas férteis a partir da relação entre número de grãos por panícula (espiguetas granadas) com número total de espiguetas por panícula, multiplicada por 100;

**Massa de 1000 grãos** - foram utilizados os grãos de arroz em casca provenientes da avaliação do número de grãos por panícula, sendo feita a contagem de quatro amostras de 100 grãos, em seguida a pesagem em balança eletrônica de precisão, corrigindo-se o teor de água para  $130 \text{ g kg}^{-1}$  (base úmida);

**Produtividade de grãos em casca ( $\text{kg ha}^{-1}$ )** - por ocasião da maturidade fisiológica ( $R_9$ ) a produtividade foi determinada após trilha, abanação e secagem do produto coletado nas quatro linhas centrais da área útil de cada parcela e, em seguida realizado a pesagem e transformação dos dados para  $\text{kg ha}^{-1}$  corrigindo-se para  $130 \text{ g kg}^{-1}$  (base úmida);

**Índice de colheita (grãos)** - foi obtido na maturidade fisiológica ( $R_9$ ) pela relação entre a massa de grãos (corrigido a 13% b.u.) e a massa seca total da parte aérea, em cinco plantas na área útil de cada parcela.

### **3.5 Análise estatística dos dados**

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F ( $p < 0,05$ ) e, nos casos de significância, foi aplicado o teste de agrupamento de médias Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à altura de inserção da folha bandeira (AIFB) ocorreram diferenças significativas entre as cultivares (Tabela 2). A cultivar Caiapó se apresentou superior, obtendo a maior média (105,07 cm). A cultivar BRS A501CL obteve a segunda maior média (90,73 cm), ficando a cultivar IAC 202 com a menor média (74,93 cm).

**Tabela 2** - Altura de inserção da folha bandeira, altura das plantas e índice de acamamento em cultivares de arroz de terras altas no sistema plantio direto em implantação em Jaboticabal-SP na safra 2023/24.

<b>Cultivar</b>	<b>Inserção da folha bandeira (cm)</b>	<b>Altura das plantas (cm)</b>	<b>Acamamento (Índice)</b>
<b>BRS A501CL</b>	90,73 b	123,00 a	4
<b>BRS A502</b>	84,47 b	112,40 b	1
<b>BRS A503</b>	77,93 b	103,00 b	0
<b>BRS Esmeralda</b>	88,80 b	113,53 b	5
<b>CAIAPÓ</b>	105,07 a	136,27 a	2
<b>IAC 202</b>	74,93 b	103,07 b	1
<b>IAC 203</b>	88,33 b	112,53 b	2
<b>BRS GO Serra Dourada</b>	83,67 b	108,00 b	3
<b>BRS Sertaneja</b>	83,33 b	111,80 b	2
<b>Teste F</b>	4,525**	4,248**	ns
<b>C.V (%)</b>	8,17	7,67	78,29
<b>Média geral</b>	86,36	113,73	2,15

\* (P<0,05), \*\* (P<0,01) e <sup>ns</sup> (não significativo) pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott (P<0,05). Fonte: elaborado pelo autor.

Para a altura da planta (AP) também houve diferença significativa entre as cultivares (Tabela 2). A cultivar Caiapó se apresentou superior com média de 136,27 cm. A segunda maior média (123 cm) novamente foi apresentada

pela cultivar BRS A501CL, com a cultivar BRS A503 apresentando a menor média (103 cm).

Para Fageria et al. (1982b), a altura de planta diminui com o aumento da densidade de plantas. Isto ocorre devido à competição por nutrientes (MATSUSHIMA, 1957). O desenvolvimento da altura do perfilho da planta também está relacionado à disponibilidade de fósforo e nitrogênio no solo, uma vez que esses nutrientes estimulam o crescimento das folhas e das plantas (FAGERIA, 1992).

A altura da planta é predominantemente determinada pelo alongamento e número dos entrenós. O crescimento começa geralmente a partir da iniciação do primórdio floral, nas cultivares precoces e de ciclo médio, porém antes da iniciação do primórdio floral nas de ciclo longo. Em condições de campo, quanto mais longa for a duração do crescimento, geralmente maior será a aglomeração da população. A disponibilidade de luz é provavelmente o maior fator que afeta o alongamento dos entrenós (VERGARA et al, 1965).

Em relação ao índice de acamamento (AC) não houve diferença significativa entre as cultivares (Tabela 2). No entanto, mesmo não ocorrendo diferença estatística, é válido destacar que a cultivar BRS A503 não apresentou acamamento, ao passo em que BRS ESMERALDA apresentou índice 5 em comparação às demais, seguida da cultivar BRS A501CL, que obteve índice 4.

As características dos entrenós, tais como comprimento, diâmetro e espessura, determinam a resistência ao acamamento. Portanto, as cultivares de porte alto e colmo fraco acamam mais facilmente, principalmente quando recebem doses altas de nitrogênio. O acamamento diminui a seção transversal

dos feixes vasculares, portanto, reduz o movimento dos fotoassimilados e dos nutrientes absorvidos pelas raízes e, em consequência, a produção de arroz diminui. Além disto, aumenta o auto-sombreamento, contribuindo para maior esterilidade de grãos (GUIMARÃES et al, 2002).

Para números de panículas por m<sup>2</sup> não houve diferença significativa entre as cultivares (Tabela 3). A cultivar BRS A502 apresentou maior média (621,33) entre todas as outras, seguida da cultivar BRS ESMERALDA com valor médio de 530,67. A cultivar BRS Sertaneja apresentou a menor média, com 429,33 panículas por metro.

**Tabela 3** - Número de panículas por metro (NPM); comprimento da panícula (CP); número de ramificações por panícula (NRP); número de grãos por panícula (NGP) e massa de grãos por panícula (MGP) em cultivares de arroz de terras altas no sistema plantio direto em implantação em Jaboticabal-SP na safra 2023/24.

<b>Cultivar</b>	<b>NPM (nº)</b>	<b>CP (cm)</b>	<b>NRP (nº)</b>	<b>NGP (nº)</b>	<b>MGP (g)</b>
<b>BRS A501CL</b>	445,33	32,27	10,33	141,87	3,34
<b>BRS A502</b>	621,33	27,93	20,07	148,63	3,38
<b>BRS A503</b>	480,00	25,07	11,80	127,13	2,91
<b>BRS Esmeralda</b>	530,67	24,73	15,07	182,07	4,15
<b>CAIAPÓ</b>	437,33	31,20	13,13	175,33	3,50
<b>IAC 202</b>	469,33	28,13	14,97	222,18	4,07
<b>IAC 203</b>	450,67	24,20	16,67	195,73	4,39
<b>BRSGO Serra Dourada</b>	509,33	24,33	14,00	166,87	3,70
<b>BRS Sertaneja</b>	429,33	28,47	11,07	181,93	4,45
<b>Teste F</b>	ns	ns	ns	ns	ns
<b>C.V (%)</b>	22,69	14,06	32,80	25,86	33,37
<b>Média geral</b>	485,92	27,37	14,12	171,30	3,76

\* (P<0,05), \*\* (P<0,01) e <sup>ns</sup> (não significativo) pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott (P<0,05). Fonte: elaborado pelo autor.

O número de panículas é determinado de 8 a 12 dias após o estágio de perfilhamento máximo. Os principais fatores que influenciam o número de

panículas por unidade de área são a densidade de plantio, a adubação e a cultivar (YOSHIDA, 1981; FAGERIA et al., 1982b). O número de panículas está correlacionado com quantidade de perfilhos, sendo que, quanto maior o número de perfilhos produtivos, maior será a quantidade de panículas (FAGERIA, 1982). O aumento no número de panículas por unidade de área, no número de grãos por panícula ou na porcentagem de grãos cheios tem um efeito direto na produtividade (GUIMARÃES et al., 2002).

A cultivar BRS A501CL foi superior para o caractere comprimento de panícula (CP), com valor médio de 32,27 cm. A segunda maior média (31,20 cm) foi apresentada pela cultivar Caiapó, com a cultivar IAC 203 se apresentando inferior, com média de 24,20 cm. Não houve diferença significativa entre as cultivares.

O comprimento da panícula está frequentemente relacionado ao rendimento, uma vez que panículas mais longas têm a capacidade de produzir um maior número de espiguetas e, conseqüentemente, um maior número de grãos (REIG-VALIENTE et al., 2018).

Para número de ramos por panícula (NRP) não houve diferença significativa entre as cultivares (Tabela 3). A cultivar BRS A502 foi superior, com média de 20,07. Com a cultivar IAC 203 apresentando a segunda maior média (16,67) e a cultivar BRS A501CL a menor média (10,33).

Panículas grandes com mais ramos e espiguetas têm sido preferidas em programas de melhoramento para novos tipos de arroz com maior rendimento (LI et al. 2023).

Para Machado et al. (2000), essas diferenças observadas podem estar relacionadas à capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes, assim como à disponibilidade de macronutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, que afetam a formação adequada do embrião, do órgão de reserva e do tecido protetor. Isso, por sua vez, impacta na qualidade fisiológica e estrutural da espiga.

A cultivar IAC 202 se apresentou superior no caractere números de grãos por panícula (NGP), com média de 222,18 grãos por panícula. A segunda maior média (195,73) foi apresentada pela cultivar IAC 203, com a cultivar BRS A503 obtendo a menor média (127,13). Não houve diferença significativa entre as cultivares.

A diferenciação dos grãos inicia-se aproximadamente 15 a 23 dias antes da floração, período em que é definido o número máximo de grãos (YOSHIDA, 1972). Para Guimarães et al. (2002), o número de grãos por panícula ou por unidade de área é afetado por fatores como a densidade de plantio, a adubação, a radiação solar, a disponibilidade de água, a temperatura e a cultivar.

Segundo Neves et al. (2004), a utilização de fertilizantes nitrogenados é um dos fatores que pode influenciar o número de grãos por panícula, uma vez que esses fertilizantes aumentam a fertilidade das espiguetas. De acordo com Guimarães et al. (2002), o número de grãos por panícula está diretamente correlacionado com a produtividade. Diversos estudos afirmam que um dos principais componentes que determinam a produtividade é o número de

panículas por m<sup>2</sup> (CRUSCIOL et al., 2003; NEVES et al., 2004; e SILVA et al., 2009).

Para Fageria et al. (1982), existe uma correlação negativa entre o número de panículas e o número de grãos/panícula. Segundo Pegoraro et al. (2022), quando há lavouras extremamente adensadas há maior chance da ocorrência de espiguetas inférteis, visto que há competição entre as plantas por nutrição. O inverso ocorre quando se utiliza menor densidade de plantas, onde a ocorrência de estresses na fase de fecundação do grão de pólen pode prejudicar severamente o número de espiguetas, levando a lavoura a ter poucas espiguetas viáveis causando redução na produtividade.

No caractere massa de grãos por panícula (MGP) não houve diferença significativa entre as cultivares. A cultivar BRS Sertaneja obteve média superior de 4,45 g. Com a cultivar IAC 203 com a segunda maior média (4,39 g), e a cultivar BRS A503 com a média inferior de 2,91 g.

No arroz e em muitas outras plantas monocotiledôneas, o grão cresce dentro da casca da espiguetas (a casca) que envolve o grão em desenvolvimento e limita o crescimento do grão. Portanto, o tamanho do grão é influenciado pelo crescimento da casca da espiguetas nessas plantas monocotiledôneas (LI et al. 2019).

Para Marchezan et al. (1993), a uniformidade de maturação e o completo enchimento dos grãos no momento da colheita são fatores essenciais para obter lotes de grãos e sementes com boa qualidade física e fisiológica.

Quanto maior o estande de plantas, maior será a competição entre elas, principalmente, por radiação solar, água e nutrientes. Dessa maneira, há

redução na translocação de fotoassimilados para o enchimento de grãos, influenciando no componente de produtividade, a massa de grãos por panícula. Assim, quanto maior a radiação solar incidente nas plantas, maior fornecimento de fotoassimilados na relação fonte/dreno para enchimento de grãos, conseqüentemente, maior massa de grãos e maior produtividade (PEGORARO et al., 2022). Ademais, a deficiência hídrica e de nitrogênio, baixa radiação solar e incidência de brusone, no período da floração, reduzem a massa de grãos (GUIMARÃES et al., 2002).

Não houve diferença significativa entre as cultivares quanto à fertilidade das espiguetas (Tabela 4). A cultivar BRS Serra Dourada obteve média superior de 79,60%. Com a cultivar BRS A503 com a segunda maior média (71,50%), e a cultivar IAC 202 com a média inferior de 50,68%.

**Tabela 4** - Fertilidade das espiguetas e massa de mil grãos em cultivares de arroz de terras altas no sistema plantio direto em implantação em Jaboticabal-SP na safra 2023/24.

<b>Cultivar</b>	<b>Fertilidade das espiguetas (%)</b>	<b>Massa de mil grãos (g)</b>
<b>BRS A501CL</b>	67,87	23,15
<b>BRS A502</b>	65,17	22,59
<b>BRS A503</b>	71,50	23,44
<b>BRS Esmeralda</b>	69,70	22,75
<b>CAIAPÓ</b>	53,89	18,40
<b>IAC 202</b>	50,68	17,23
<b>IAC 203</b>	62,95	23,11
<b>BRSGO Serra Dourada</b>	79,60	21,90
<b>BRS Sertaneja</b>	67,69	24,04
<b>Teste F</b>	ns	ns
<b>C.V (%)</b>	14,92	18,26
<b>Média geral</b>	65,45	21,85

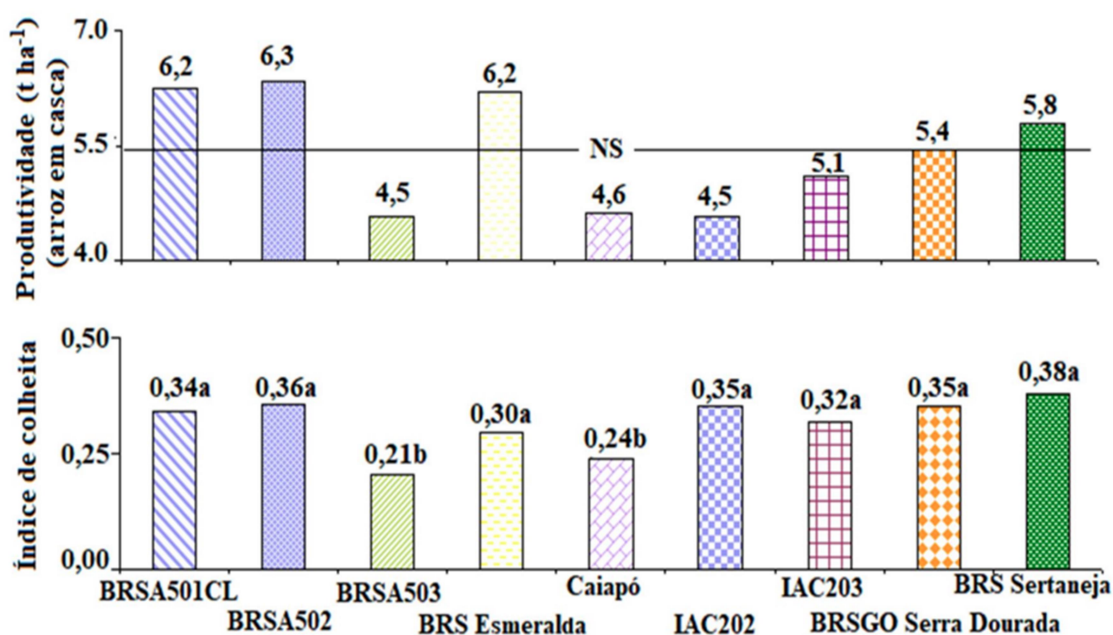
<sup>ns</sup> (não significativo) pelo teste F ( $P < 0,05$ ). Fonte: elaborado pelo autor.

Atingir baixa esterilidade de espiguetas sob altos níveis de nitrogênio é considerado um dos critérios de seleção mais importantes de resposta ao N pelas cultivares de arroz (GUIMARÃES et al., 2002). Adicionalmente, a ocorrência de temperaturas diurnas superiores a 35°C também podem causar esterilidade das espiguetas. O estágio mais sensível do arroz a altas temperaturas é a floração (YOSHIDA, 1981). Desta forma, observando-se os valores de temperatura média (Figura 1), acredita-se que no período de 10 a 20 de fevereiro de 2024, houve momentos em que a temperatura atingiu valores iguais ou superiores a 35°C, resultando em diminuição da fertilidade em todas as cultivares avaliadas no experimento.

Para o caractere massa de mil grãos não houve diferenças significativas entre as cultivares (Tabela 4). A cultivar BRS Sertaneja obteve média superior de 24,04 g. Com a cultivar BRS A503 com a segunda maior média (23,44g), e a cultivar IAC 202 com a média inferior de 17,23 g.

Para Pegoraro et al. (2022), a massa de 1000 grãos é o último componente de produtividade de arroz a ser definido e depende majoritariamente do processo de realocação de fotoassimilados para os grãos. Dessa forma, como dito anteriormente, quanto maior a radiação solar incidente nas plantas, maior é o fornecimento de fotoassimilados na relação fonte/dreno para o enchimento dos grãos, resultando em maior massa de grãos e, conseqüentemente, em maior produtividade. Esse período é crucial, pois há uma estreita janela temporal e capacidade produtiva para a planta se recuperar de qualquer estresse que possa intervir na produtividade de grãos.

Em relação à produtividade de grãos em casca, apesar de não ter sido verificada diferença entre as cultivares (Figura 2), os valores observados foram superiores à média brasileira ( $3,6 \text{ t ha}^{-1}$ ) no sistema de produção em terras altas (CONAB, 2022), comprovando elevado potencial das cultivares avaliadas.



**Figura 2** – Produtividade de grãos e índice de colheita de cultivares de arroz de terras altas no sistema plantio direto em implantação. Jaboticabal-SP, safra 2023/24. <sup>ns</sup> (não significativo) pelo teste F ( $P < 0,05$ ). Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). Fonte: elaborado pelo autor. Fonte: elaborado pelo autor.

Os principais fatores climáticos que influenciam a produção de arroz são a temperatura, a radiação solar, o fotoperíodo e a precipitação pluvial.

A produção de arroz pode ser aumentada com o número de panículas por unidade de área, pelo número de grãos por panícula, pela redução da esterilidade das espiguetas e pelo aumento da massa dos grãos. Entretanto, esses componentes não podem ser aumentados indefinidamente, pois, após

certo nível, observa-se uma correlação negativa entre alguns deles (GUIMARÃES et al. 2002). Portanto, o aumento da produtividade é alcançado por meio de um equilíbrio entre esses componentes (YOSHIDA, 1972).

Adicionalmente, BRS A501CL, BRS A502, BRS Esmeralda, BRS Sertaneja, BRSGO Serra Dourada, IAC202 e IAC203 apresentaram índices de colheita (IC) entre 0,30 e 0,38, sendo superiores à BRS A503 e Caiapó que apresentaram índices de 0,21 e 0,24, respectivamente (Figura 2). O índice de colheita representa a eficiência de conversão de fotoassimilados em efetivo acúmulo de matéria seca nos grãos, sendo importante parâmetro agrônomo na cultura do arroz, principalmente no sistema de produção em terras altas (MINGOTTE et al., 2013).

O índice de colheita do arroz pode variar com o nível de aplicações de N, espaçamento, condições ambientais e ocorrência de brusone (YOSHIDA, 1972). A capacidade produtiva de uma planta de arroz depende, segundo FERRAZ (1987), além de sua eficiência fotossintética, da rapidez com que os fotossintatos são direcionados para as espiguetas da panícula. A eficiência no transporte de fotoassimilados para os grãos é expressa pela relação entre a massa seca dos grãos e a massa seca total da planta, conhecida como índice de colheita (I.C.). Cultivares produtivas, além de apresentarem um bom rendimento biológico, que se refere à produção total de massa seca da planta, possuem sempre um alto índice de colheita.

A produtividade é significativamente impactada quando ocorre sombreamento durante as fases reprodutivas e de maturação, devido à

redução do número e do enchimento das espiguetas (YOSHIDA & PARAO, 1976).

Sendo o índice de colheita (IC) uma medida da eficiência no transporte de fotoassimilados para o grão (FERRAZ, 1987), um maior IC observado em uma cultivar deve indicar uma maior eficiência na conversão dos produtos sintetizados em material de importância econômica.

De forma geral, apesar de não serem observadas diferenças estatísticas entre as cultivares quanto à produtividade de grãos, a variação entre os valores máximo e mínimo observados representa  $1.765 \text{ t ha}^{-1}$ . Tal diferença se torna extremamente importante do ponto de vista econômico, visando estabelecer recomendações de cultivares, pois ao se considerar o preço da saca de arroz em casca tipo 1 para o Estado de São Paulo para o mês de setembro/2024, R\$ 150,43 (CONAB, 2024), observamos uma diferença correspondente a R\$  $4.425,65 \text{ ha}^{-1}$ .

## 5. CONCLUSÕES

A cultivar Caiapó apresentou maior altura de inserção da folha bandeira e alturas de plantas, juntamente com a cultivar BRSA501CL, favorecendo maior índice de acamamento por ocasião da colheita.

A produtividade média de grãos foi de 5,4 t ha<sup>-1</sup> sem diferenças entre as cultivares avaliadas, porém com potencial diferença econômica. As condições climáticas da safra 2023/24 podem ter influenciado negativamente a fertilidade das espiguetas, comprometendo o potencial produtivo das cultivares avaliadas.

Com relação ao índice de colheita, as cultivares BRS A501CL, BRS A502, BRS Esmeralda, BRS Sertaneja, BRSGO Serra Dourada, IAC202 e IAC203 apresentaram superioridade em relação às demais.

## 6. REFERÊNCIAS

ABADIE, T.; CORDEIRO, C. M. T.; FONSECA, J. R.; ALVES, R. B. N.; BURLE, M. L.; BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; CASTRO, E. M.; SILVA, H. T.; FREIRE, M. S.; ZIMMERMANN, F. J. P.; MAGALHÃES, J. R. Construção de uma coleção nuclear de arroz para o Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 2, p. 129-136, mar. 2005.

ABBUD, N. S. Melhoramento genético do arroz de sequeiro (*Oryza sativa*) no Estado do Paraná de 1975 a 1989. 1991. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiróz, Piracicaba, 1991. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-20231122-093302/publico/Abbud-NelsonSalim.pdf>. Acesso em: 13 de junho de 2024.

ABREU, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; MARTINS, L. A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 1, p. 105-112, jan. 1994.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) - Irrigation and drainage paper 56, Rome, 1998.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Brasília, 1999. Anais... Brasília-DF: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.1-4.

ARAÚJO, F.F.; CARMONA, F.G.; TIRITAN, C.S.; CRESTE, J.E. Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.29, p.535-540, 2007.

ARF, O.; PORTUGAL, J.R.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E. Crop rotation, green manure and nitrogen fertilizers in upland rice under no-tillage. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.48, n.2, p.153-162, 2018.

BALDANI, J.I.; CARUSO, L.; BALDANI, V.L.D.; GOI, S.R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in bnf with non-legume plants. *Soil Biology and Biochemistry*, v.29, p.911-922, 1997.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. Experimentação Agrícola. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237p.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para o feijoeiro comum irrigado. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, p.69-76, 2005.

BARRETO, J.H.B.; SOARES, I.; PEREIRA, J.A.; BEZERRA, A.M.E. e DEUS, J.A.L. Yield performance of upland rice cultivars at different rates and times of nitrogen application. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.475-483, 2012.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim técnico, 78).

BLOOM, A.J. Assimilação de nutrientes minerais. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal* 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p.343-368.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. *Bragantia*, Campinas, v.62, n.3, p.417-428, 2003.

BORÉM, Aluizio e MIRANDA, Glauco Vieira e FRITSCHÉ-NETO, Roberto. *Melhoramento de plantas*. Viçosa: Editora da UFV. Acesso em: 13 jun. 2024. , 2017.

BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P.; PINHEIRO, P. V.; SILVA, A. C. S.; CASTRO, E. M.; GUIMARÃES, E. P.; CASTRO, A. P.; PEREIRA, J. Á.; LOPES, A. M.; UTUMI, M. M. OLIVEIRA, J. P. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. *Crop Science*, Madison, v. 51, n. 3, p. 914-923, maio. 2011.

BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O.P. de; PINHEIRO, P.V.; SILVA, A.C.S.; CASTRO, E.M.; PEREIRA, A.P.; LOPES, A.M.; UTUMI, M.M.; OLIVEIRA, J.P. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. *Crop Science*, v.51, p.914-923, 2011.

BRONDANI, C.; MENDONÇA, J. A.; BORBA, T. C. de O.; RANGEL, P. H. N.; CORDEIRO, A. C. C.; MOURA NETO, F. P.; UTUMI, M. M.; PEREIRA, J. A.; CRUZEIRO, G. V.; LOPES JUNIOR, S.; BASSINELLO, P. Z.; LIMA, G. P.; SILVEIRA, R. D.; NOGUEIRA, K. F.; MARTIN-DIDONET, C.; BRONDANI, R. P. V. Catálogo descritivo dos acessos da Coleção Nuclear de Arroz da Embrapa - CNAE versão 1.0. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 566 p. (Documentos, 205).

CABEZAS, L.W.A.R.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S.S.U.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade

do milho em sistema plantio direto e solo preparado. *Ciência Rural*, v.34, p.1005-1013, 2004

CARVALHO, M.T.M.; CASTRO, A.P.; FERREIRA, C.M.; LACERDA, M.C.; LANNA, A.C.; SILVA-LOBO, V.L.; SILVA, M.A.S.; COLOMBARI FILHO, J.M. O arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima: rumo aos objetivos de desenvolvimento sustentável para o milênio. Embrapa Arroz e Feijão (Comunicado técnico, 252): Santo Antônio de Goiás, 2020, 14p.

CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A.; WALTERS, D.T. Agroecosystems, Nitrogenuse Efficiency, and Nitrogen Management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v.31, p.32-140, 2002.

CASTRO, A.P.; FERREIRA, C.M.; SILVA, R.S. Arroz em sistemas sustentáveis sob pivô central. *Revista de Política Agrícola*, v.31, n.3, p.117-129, 2022.

CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P.; SANT'ANA, E. P.; BRESEGHELLO, F.; MELO NETO, F. P. Mejoramiento poblacional de arroz de tierras altas em Brasil. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). *Avances en el mejoramiento poblacional del arroz*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão (CNPAP), 2000. p. 221-240.

CHANG, T. T.; LI, C. C. Genetics and Breeding. In: Luh, B. S. (Ed.). *Rice: Production and Utilization*. AVI: Westport Conn, 1980. p. 82-146.

CHEN, G.; CHEN, Y.; ZHAO, G.; CHENG, W.; GUO, S.; ZHANG, H.; SHI, W. Do high nitrogen use efficiency rice cultivars reduce nitrogen losses from paddy fields? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.209, p.26-33, 2015.

CHEN, Y.; WANG, M.; OUWERKERK, P.B.F. Molecular and environmental factors determining grain quality in rice. *Food and Energy Security*, v.1, p.111-132, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *A cultura do arroz*. Brasília: Conab, 2015. 180 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: oitavo levantamento*, Brasília, DF, safra 2023/24. 2024, v.11, n.8. 139p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 21 de maio de 2024.

CRUSCIOL, C.A.C.; CANTARELLA, H. Arroz de sequeiro. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. Van (Ed.). *Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2022. p.218-220. (IAC. Boletim técnico, 100).

CRUSCIOL, C.A.C.; PORTUGAL, J.R.; MOMESSO, L.; BOSSOLANI, J.W.; PARIZ, C.M.; CASTILHOS, A.M.; COSTA, N.R.; COSTA, C.H.M.; COSTA, C.; FRANZLUEBBERS, A.J.; CANTARELLA, H. Overcoming Competition From Intercropped Forages on Upland Rice With Optimized Nitrogen Input to Food Production in Tropical Region. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v.4, 2020. doi: 10.3389/fsufs.2020.00129.

CUNHA, J.J.; FRANCISCO, E.A.B.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. *Informações Agronômicas*, n.145, p.1-13, 2014.

DANTAS, S. de J. Do convencional ao genômico: uma revisão sobre os métodos de melhoramento genético de arroz. *Revista Souza EAD*, v. 61, maio de 2023. Disponível em: <https://souzaeadrevistaacademica.com.br>. Acesso em: 1 de junho de 2024.

DAWSON, J.C. HUGGINS, D.R.; JONES, S.S. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. *Field Crops Research*, v.107, p.89-101, 2008.

DERPSCH, R. Sistemas conservacionistas de produção: como assegurar a sua sustentabilidade? In: III REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, Londrina, 2013. Resumos... Londrina-PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2013. p.383-391.

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. *Canadian Journal of Microbiology*, v.22, p.1464-1473, 1976.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação dos solos. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

FAGERIA, N.K. Manejo químico do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO: ASPECTOS RELACIONADOS COM A PRODUTIVIDADE, 1983, Jaboticabal. Anais...Jaboticabal: FCAV, UNESP, 1983. p. 151-172.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, v.88, p.97-185, 2005.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Lowland rice response to nitrogen fertilization. *Communication Soil Science Plant Analysis*, v.32, p.1405-1428, 2001.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Nitrogen use efficiency in lowland rice genotypes. *Communication Soil Science Plant Analysis*, v.32, p.2079-2089, 2001.

FAGERIA, N.K.; KLUTHCOUSKI, J. Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo. Brasília, DF: Embrapa-CNPAP, 1980.

FAGERIA, N.K.; MORAIS, O.P. de; SANTOS, A.B. dos Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, v.33, n.11, p.1696-1711, 2010.

FAGERIA, N.K.; MOREIRA, A.; COELHO, A.M. Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. *Journal of Plant Nutrition*, v.34, n.3, P.361-370, 2011.

FAN, J.; ZHANG, Y.; TURNER, D.; DUAN, Y.; WANG, D.; SHEN, Q. Root Physiological and Morphological Characteristics of Two Rice Cultivars with Different Nitrogen-Use Efficiency. *Pedosphere*, v.20, n.4, p.446-455, 2010.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#home>> Acesso em: 20 de novembro de 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Rome, FAO. Disponível em: <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0639en>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2023.

FAOSTAT. Crops and Livestock Products. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 17 de maio 2024.

FARINELLI, R.; FORNASIERI FILHO, D.; MINGOTTE, F.L.C.; HANASHIRO, R. Adubação nitrogenada e eficiência de resposta de cultivares de arroz de terras altas favorecidas. *Journal of Agronomic Sciences*, v.2, p.90-102, 2013.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L. Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.447-454, 2004.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto na palhada - Brasil. 2022. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 06 fev. 2022.

FERREIRA, E.P.B.; CASTRO, A.P.; MARTIN-DIDONET, C.C.G.; FAGERIA, N.K. Agronomical performance of upland rice cultivars inoculated with *Azospirillum brasilense* depends on the plant genotype. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.46, p.1751-1762, 2015.

FIDELIS, R.R.; ROTILI, E.A.; SANTOS, M.M. dos; BARROS, H.B.; RODRIGUES, A.M. Eficiência quanto ao uso e resposta à aplicação de

nitrogênio de cultivares de arroz em solos de terras altas no sul do Estado do Estado de Tocantins, safra 2007/2008. *Bioscience Journal*, v.28, p.432-438, 2012.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. Manual da cultura do arroz. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. 589p.

FUKAMI, J.; CERZINI, P.; HUNGRIA, M. Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, v.8, a73, 2018.

GARCIA, N.F.S.; ARF, O.; PORTUGAL, J.R.; PERES, A.R.; RODRIGUES, M.; PENTEADO, M.S. Doses and application methods of Azospirillum brasilense in irrigated upland rice. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.11, p.990-995, 2016.

GITTI, D.C.; ARF, O.; PORTUGAL, J.R.; CORSINI, D.C.D.C.; RODRIGUES, R.A.F.; KANEKO, F.H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com Azospirillum brasilense em arroz de terras altas no sistema plantio direto. *Bragantia*, v.71, p.509-517, 2012.

GOOD, A.G.; SHRAWAT, A.K.; MUENCH, D.G. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? *Trends Plant Science*, v.9, p.597-605, 2004.

GUIMARÃES, V.F.; KLEIN, J.; FERREIRA, M.B.; KLEIN, D.K. Promotion of rice growth and productivity as a result of seed inoculation with Azospirillum brasilense. *African Journal of Agricultural Research*, v.16, n.6, p.765-776, 2020.

HERNANDES, A.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M. ; ARF, O.; SÁ, M.E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. *Ciência agrotécnica*, v.34, p.307-312, 2010.

HUNGRIA, M. Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo. 2.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of Azospirillum brasilense and A. lipoferum improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, v.331, p.413-425, 2010.

IBGE/LSPA - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Tabela 6588: Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras. 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588>. Acesso em: 21 de maio de 2024.

JIANG, L.; DAI, T.; JIANG, D.; CAO, W.; GAN, X.; WEI, S. Characterizing physiological N-use efficiency as influenced by nitrogen management in three rice cultivars. *Field Crops Research*, v.88, n.2-3, p.239-250, 2004.

JULIANO, B.O. Rice in human nutrition. Rome: FAO, 1993. Disponível em: <https://www.fao.org/4/t0567e/T0567E00.htm>. Acesso em: 05 fev. 2024.

JULIANO, B.O.; BECHTEL, D.B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B.O. (Ed.). Rice: chemistry and technology. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1985. Cap.2, p.17-57.

LACERDA, M.C.; NASCENTE, A.S. Effects of row spacing and nitrogen topdressing fertilization on the yield of upland rice in a no-tillage system. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.38, n.4, p.493-502, 2016.

LADHA, J.K.; REDDY, P.M. Nitrogen fixation in rice systems: state of knowledge and future prospects. *Plant and Soil*, v.252, p.151-167, 2003.

LADHA, J.K.; TIROL-PADRE, A.; REDDY, C.K.; CASSMAN, K.G.; VERMA, S.; POWLSON, D.S.; van KESSEL, C.; RICHTER, D.B.; CHAKRABORTY, D.; PATHAK, H. Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. *Scientific Reports*, v.6, n.19, 2016.

LEA, P.J.; AZEVEDO, R.A. Nitrogen use efficiency 1. Uptake of nitrogen from the soil. *Annual of Applied Biology*, v.149, p.243-247, 2006.

LEITE, M.E.; LIMA, I.A.; PEREIRA, D.R.; SANTOS, J.B. dos Natural selection for efficiency in the use of nitrogen in common bean identified by analysis of microsatellites and grain yield. *Electronic Journal of Biotechnology*, v.15, p.1-15, 2012.

LLANILLO, R.F. Avanços e limitações à consolidação do SPD no Paraná. In: III REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, Londrina, 2013. Resumos. Londrina-PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2013. p. 447-450.

MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: Nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. *Plant and Soil*, v. 196, p.201–210, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios de aplicação. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MINGOTTE, F.L.C., GONÇALVES, M.H.G., YADA, M.M., FORNASIERI FILHO, D.; LEMOS, L.B. Agronomic efficiency and grain quality of upland rice cultivars as a function of nitrogen topdressing. *Bioscience Journal*, v.31, n.3, p.748-758, 2015.

MINGOTTE, F.L.C.; HANASHIRO, R.K.; FORNASIERI FILHO, D. Características físico-químicas do grão de cultivares de arroz em função da adubação nitrogenada. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, p.2605-2618, 2012.

MINGOTTE, F.L.C.; HANASHIRO, R.K.; FORNASIERI FILHO, D. Response of rice cultivars to nitrogen in upland conditions. *Revista Ceres*, v.60, p.86-95, 2013.

MOMESSO, L.; CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; TANAKA, K.S.; COSTA, C.H.M.; CANTARELLA, H.; KURAMAE, E.E. Upland rice yield enhanced by early nitrogen fertilization on previous palisade grass. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.118, p.115-131, 2020.

MORAIS JÚNIOR, O. P. de. Variabilidade e progresso genético com seleção recorrente em arroz de terras altas. 2013. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/77e059b5-5c14-4b95-9427-1506105cf8b8>. Acesso em: 1 de junho de 2024.

MORAIS, O. P.; CASTRO, E. M.; SANT'ANA, E.; MELO NETO, F. P. Evaluación y selección de lós progenitores: población CG2 de arroz de tierras altas. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). *Avances en el mejoramiento poblacional del arroz*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão (CNPAP), 2000a. p. 201-220.

MORAIS, O. P.; RANGEL, P. H. N.; FAGUNDES, P. R. R.; CASTRO, E. M.; NEVES, P. C. F.; CUTRIM, V. A.; PRABHU, A. S.; BRODANI, C.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. Melhoramento genético. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. S. (Ed.). *A cultura do arroz no Brasil*. 2. ed. rev. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 97-116.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Matéria orgânica do solo. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. (Eds.). *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 203-261.

MOURA NETO, F.R.; SOARES, A.A.; AIDAR, H. Desempenho de cultivares de arroz de terras altas sob plantio direto e convencional. *Ciência e Agrotecnologia*, v.26, p.904-910, 2002.

NASCENTE, A.S.; CARVALHO, M.C.S. Yield of upland rice as affected by nitrogen application and seed inoculation with diazotrophic bacteria. *Australian Journal of Crop Science*, v,12, n.9, p.1519-1527, 2018.

NASCENTE, A.S.; CRUSCIOL, C.A.C.; COBUCCI, T. The no-tillage system and cover crops—Alternatives to increase upland rice yields. *European Journal of Agronomy*, v.45, p.124-131, 2013.

NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R.R.; OLIVEIRA, P.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, p.60-65, 2011.

NEVES, M.B.; BUZETTI, S.; ARF, O.; SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em dois cultivares de arroz com irrigação suplementar. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v.26, p.429-435, 2004.

NÓBREGA, R.S.A.; NÓBREGA, J.C.A. Fixação biológica do nitrogênio na recuperação de áreas degradadas e na produtividade de solos tropicais. *Informe Agropecuário*, v.24, p.64-72, 2003.

OLIVEIRA, R. J. Potencial para fins de melhoramento da população de arroz CNA - IRAT 5GR/2/1 visando qualidade de grãos e caracteres agrônômicos. 1997. 138 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1997.

ONU - United Nations Organization. United Nations Development Programme: What are the Sustainable Development Goals? Disponível em: <[https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm\\_source=EN&utm\\_medium=GSR&utm\\_content=US\\_UNDP\\_PaidSearch\\_Brand\\_English&utm\\_campaign=CENTRAL&c\\_src=CENTRAL&c\\_src2=GSR&gclid=Cj0KQCQiA\\_bieBhDSARIsADU4zLduZaMglWV-8VIQumoPoABenp5m3bvMpMio-6i3v-MEx-1IUx-iS\\_AaAh4rEALw\\_wcB](https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=Cj0KQCQiA_bieBhDSARIsADU4zLduZaMglWV-8VIQumoPoABenp5m3bvMpMio-6i3v-MEx-1IUx-iS_AaAh4rEALw_wcB)>. Acesso em: 11 de março de 2024.

PACHECO, L.P.; BARBOSA, J.M.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.; ASSIS, R.L.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.48, p.1228-1236, 2013.

PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F.; LAFHA, J.K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant and Soil*, v.174, p.3-28, 1995.

PEREIRA, J. A. Cultura do Arroz no Brasil: subsídios para a sua história. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226 p. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00070380.pdf>. Acesso em: 13 de junho de 2024.

PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; BUZETTI, S.; PORTUGAL, A.R.P.; GARCIA, N.F.S.; MEIRELLES, F.C.; GARÉ, L.M.; ABRANTES, F.L.; RODRIGUES, R.A.F. Do cover crops improve the productivity and industrial quality of upland rice? *Agronomy Journal*, v.112, p.327–343, 2020.

PRABHU, A.S.; SILVA, G.B. Época de adubação de cobertura de nitrogênio e potássio em arroz de terras altas, no controle da brusone nas panículas. 2005. Embrapa, Santo Antônio de Goiás, 2005. 4p. (Circular técnica 71).

PRADO, R.M. *Nutrição de Plantas*. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.

RADWAN, T.E.E.; MOHAMED, Z.K.; REIS, V.M. Efeito da inoculação de Azospirillum e Herbaspirillum na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.987-994, 2004.

RAFFI, M.M.; CHARYULU, P.B.B.N. Azospirillum-biofertilizer for sustainable cereal crop production: Current status. In: VISWANATH, B. (Ed.) *Recent Developments in Applied Microbiology and Biochemistry*, Academic Press, 2021, p.193-209. ISBN 9780128214060. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821406-0.00018-7>.

RAIJ, B. van. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAKOTOSON, T.; DUSSERREB, J.; LETOURMY, P.; RAMONTA, I.R.; CAO, T.; RAMANANTSOANIRINA, A.; ROUMET, P.; AHMADI, N.; RABOIN, L. Genetic variability of nitrogen use efficiency in rainfed upland rice. *Field Crops Research*, v.213, p.194-203, 2017.

RODRIGUES, J. A. S. *Progresso genético e potencial de risco da cultura do sorgo granífero (Sorghum bicolor (L. Moench) no Brasil*. 1990. 171 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiróz, Piracicaba, 1990.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.153-156, 2008.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. & MELO, M.L.B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.1265-1271, 2003.

SANTOS, M.S.; NOGUEIRA, M.A.; HUNGRIA, M. Outstanding impact of Azospirillum brasilense strains Ab-V5 and Ab-V6 on the Brazilian agriculture: Lessons that farmers are receptive to adopt new microbial inoculants. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.45, e0200128, 2021.

SCHLESINGER, W.H. *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA. 1997.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BASTOS, A.V.S.; FRANZIN, V.I.; BUZETTI, S.; SOARES, F.A.L.; TEIXEIRA, M.B.; BENDASSOLLI, J.A. Biomass and Nutrient Accumulation by Cover Crops and Upland Rice Grown in Succession Under No-Tillage System as Affected by Nitrogen Fertilizer Rate. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, v.23, n.2, p.117-126, 2020.

Sistema de cultivo - Portal Embrapa Arroz e Feijão. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao->

tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo. Acesso em: 17 de maio de 2024.

Sistema de cultivo - Portal Embrapa Arroz e Feijão. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz>. Acesso em: 21 de maio de 2024.

SOARES, A. A.; CORNELIO, V. M. O.; SOARES, P. C.; SANTOS, P. G.; REIS, M. S. Desempenho do cultivar de arroz Primavera em condições de sequeiro tradicional e com irrigação por aspersão em Minas Gerais. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. Resumos..., Goiânia; Embrapa, 2000.

SOARES, A. A.; RAMALHO, M. A. P. Repetibilidade do rendimento de grãos e dos parâmetros de estabilidade na cultura do arroz. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 17, n. 1, p. 64-70, set. 1993.

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

SOARES, A.A; SOARES, P.C; CASTRO, E.M.; MORAIS, O.P.; RANGEL, P.H.N.; REIS, M.S. Melhoramento genético do arroz em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, v.25, p.20-24, 2004.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A.; YOKOYAMA, L.P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.34, p.927-932, 1999.

TAJINI, F.; DREVON, J-J. Phosphorus use efficiency for symbiotic nitrogen fixation varies among common bean recombinant inbred lines under p deficiency, *Journal of Plant Nutrition*, v.37, p.532-545, 2014.

TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; MENOSSO, O. G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná via melhoramento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 25, n. 1, p. 89-94, jan. 1990.

TRAVERSA-TEJERO, I. P.; BORTOLOTTI-CANTARELLI, R. Produção orizícola no município de São Gabriel, RS (Brasil). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, v. 8, n. 2, p. 80–91, 2020. Disponível em: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-38592020000200003](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592020000200003). Acesso em: 25 de maio de 2024.

WALTER, Melissa; MARCHEZAN, Enio; AVILA, Luis Antonio de. Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, v. 38, p. 1184-1192, 2008.

WORLD. World life expectancy – life longer life better.2024. Disponível em: <http://www.worldlifeexpectancy.com/> Acesso em: 15 de janeiro de 2024.

ZHANG, Y.L., WANG, D.L., FAN, J.B.; SHEN, Q.R. Genotypic differences in grain yield and physiological nitrogen use efficiency among rice cultivars. *Pedosphere*, v.19, p.681-691, 2009.