



FACULDADE UNIÃO DE GOYAZES
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS QUANTO A
TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Adriano Castro Silva

Orientador: Dr. Adriano Pereira de Castro

Coorientadora: Dra. Nara Ballaminut

Trindade - GO

2017

**FACULDADE UNIÃO DE GOYAZES
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS QUANTO A
TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Adriano Castro Silva

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade União de
Goyazes como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Orientador: Pesq. Dr. Adriano Pereira de Castro

Coorientadora: Prof^a Dra. Nara Ballaminut

Trindade – GO

2017

Adriano Castro Silva

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS QUANTO A
TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade União de
Goyazes como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas, aprovada pela
seguinte banca examinadora:

Eng. Agr. Dr. Adriano Pereira de Castro
Embrapa Arroz e Feijão.

Prof. Ms. Gláucio Freitas Oliveira e Silva
Faculdade União de Goyazes

Prof. Ms. Bruna Carla F. Crispim
Embrapa Arroz e Feijão.

Trindade – GO
21/11/2017

AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS QUANTO A TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Adriano Castro Silva¹

Adriano Pereira de Castro²

Nara Ballaminut³

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma gramínea de suma importância na economia e na alimentação do brasileiro, sendo também cultivado e consumido em todo o mundo. Em condições de terras altas, a deficiência hídrica é tida como a maior ameaça climática, devido a uma série de problemas que afetam de maneira significativa o desenvolvimento da planta e a produtividade. Objetivou-se a avaliação de genótipos de arroz de terras altas visando a tolerância a deficiência hídrica. O experimento foi conduzido na estação seca no sítio de fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica na estação experimental da EMATER, em Porangatu, GO, com dois tratamentos hídricos, com e sem estresse. A submissão do ensaio ao estresse por deficiência hídrica iniciou após os 45 dias da emergência. Após a análise estatística dos dados para os dois ambientes com e sem estresse hídrico, obteve-se uma acurácia de 0,87% e 0,90% respectivamente, indicando boa precisão experimental. A média geral do ensaio para produtividade de grãos para as duas condições com e sem estresse hídrico foi de 330,13 kg/ha e 1223,20 kg/ha respectivamente, com respostas diferenciadas dos genótipos, variando de 104,26 kg/ha a 802,70 kg/ha no ambiente sob estresse hídrico. Isso indica a existência de variabilidade entre os genótipos avaliados e a possibilidade de sucesso com a seleção para tolerância à seca. Houve diferenças significativas entre os genótipos. Sob deficiência hídrica 5 produziram mais do que a melhor testemunha, podendo ser consideradas de alto potencial para a extração de linhagens ou serem utilizadas em cruzamentos como doadoras de tolerância à deficiência hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza Sativa* L. Terras altas. Deficiência hídrica. Tolerância.

EVALUATION OF RICE GENOTYPES OF HIGH LANDS AS TOLERANCE OF WATER DEFICIENCY

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is a plant of great importance in the Brazilian economy and food, and it is also cultivated, and consumed all over the world. Under high lands conditions, water deficiency is seen as the greatest threat to the climate due to a number of problems, that, significantly, affect the development and productivity of the plant. The objective of this study was evaluate upland rice genotypes aiming at tolerance to water deficiency. The experiment was carried out in the dry season at the water deficit tolerance phenotyping site at the EMATER experimental station in Porangatu, GO, with two water treatments, with and without stress. The presentation of the stress test, due to water deficiency, began after 45 days of emergency. After the statistical analysis of the data for the two environments, with and without water stress, an accuracy of 0.87% and 0.90% was obtained, indicating good experimental precision. The general grain yield test for the two conditions, with and without water stress, was 330.13 kg/ha and 1223.20 kg/ha, respectively, with differentiated responses of the genotypes, ranging 104.26 kg/ha to 802,70 kg/ha, in the environment under water stress. This indicates the existence of variability between the evaluated genotypes and the possibility of success with the selection of drought tolerance. There were significant differences between genotypes. Under water deficiency, five genotypes produced more than the best control, and can be considered as a high potential for lineage extraction, or used in crosses as water deficit tolerance donors.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza Sativa* L. High lands. Water deficit. Tolerance.

¹ Adriano Castro Silva, Acadêmico do Curso de Ciências biológicas da Faculdade União de Goyazes
² Orientador: Dr. Adriano Pereira de Castro, Pesquisador na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
³ Coorientadora: Dr. Nara Ballaminut, Docente na Faculdade União de Goyazes

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	MATERIAL E METODOS	10
2.1.	Material Genético	10
2.2.	Implantação do ensaio	10
2.3.	Manejos, controle e colheita.....	11
2.4.	Tratamentos hídricos.....	12
2.5.	Características Avaliadas	12
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
3.1.	Produtividade	18
3.2.	Esterilidade.....	19
3.3.	Altura de planta	20
3.4.	Grãos totais	21
3.5.	Dias até o florescimento	22
4.	CONCLUSÕES	23
5.	REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

A base alimentar humana atualmente está pautada na produção de alimentos básicos para nutrição. O arroz (*Oryza sativa* L.), um cereal de cultivo bem conhecido, apresenta características favoráveis para atender às demandas econômicas e nutricionais, suprimindo parte da energia e de proteína necessárias ao organismo humano. Adicionalmente, sua cultura é considerada de fácil adaptação em diferentes ambientes, e ainda é o alimento considerado com grande potencial para o combate da fome mundial (FACCHINELLO et al 2017).

O arroz possui grande importância nutricional para mais da metade da população do mundo, sendo fornecedor de energia por ter um alto teor de aminoácidos, além do benefício ao organismo com vitaminas e minerais, e ainda apresenta baixos níveis de lipídeos em sua composição (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

No Brasil existem duas formas distintas de cultivo do arroz, o cultivo de várzeas, que é encontrado em terras alagadas, conhecido como terras baixas da subespécie *indica*; e o cultivo em sequeiro, disposto em terras não alagadas, mais popularmente conhecido como terras altas ou de sequeiro, sendo maior parte da subespécie *japônica* tropical. A produção do arroz no Brasil atinge 88% para terras baixas, a maioria produzida no sul do país e 12% para terras altas, localizado principalmente na porção central do território nacional (GUIMARÃES, 2017; CASTRO et al., 2011; FERREIRA; MORAIS, 2017).

A cultura de arroz pode ser feita em terras altas, valendo-se da grande disponibilidade de áreas agro cultiváveis disponíveis no país, caso da região centro-oeste. No entanto, esse tipo de cultivo, quando produzido em áreas de Cerrado, apresenta limitações, como a dificuldade de sobrevivência e manutenção da produtividade em situações de deficiência hídrica, as quais ocorrem em períodos de estiagem nessa região, podendo ocorrer também durante a estação chuvosa (CASTRO et al., 2013).

Segundo Santos et al. (2006), o Brasil tem uma área de cultivo de arroz de 2,4 milhões de hectares, o arroz de terras altas, abrange aproximadamente 1,1 milhões de hectares. Na década de 1960, o arroz de terras altas foi considerado excelente pioneiro para o cultivo em áreas de Cerrado (JUNIOR, 2013), onde ocorrem solos com altas porcentagens de óxidos de ferro e de alumínio, oferecendo oportunidade para a instalação de culturas agrícolas, incluindo ainda milho e soja (SILVEIRA; PANTALIÃO; BRONDANI, 2015).

O melhoramento de espécies de arroz teve início há milhares de anos, quando o homem deixou de ser nômade se tornando sedentário, uma vez que começou a viver em comunidade e a cultivar vegetais. Assim, iniciou-se um processo de seleção e melhoramento desses vegetais, ainda que informalmente. Com o avanço de técnicas de experimentação agrícola, o melhoramento vivenciou amplo desenvolvimento e desempenho de suas técnicas (SQUILASSI, 2003).

O maior desafio do programa de melhoramento de arroz de terras altas é aumentar a produção do cereal. Na década de 1980, variedades tradicionais de arroz foram substituídas por cultivares modernos, que correspondessem à demanda de mercado, com plantas de porte menor, ciclo de vida curto, com grãos longos e finos, características associadas à maior produtividade (TOMÉ, 2017).

Em condições de terras altas, a deficiência hídrica é considerada a maior ameaça climática para esse tipo de cultura. A ocorrência desse tipo de estresse ambiental, decorrente de fenômenos, conhecidos como veranicos, causa uma série de problemas, que afetam de maneira significativa o crescimento e a produtividade da planta (CASTRO et al., 2011).

Na fase reprodutiva do arroz de terras altas um dos fatores característicos da deficiência hídrica na planta é a má formação ou ausência de panícula. Outro fator determinante é o dessecamento parcial ou total dos grãos, sendo assim, possível afirmar que existe influência direta desse fator ambiental na produtividade, com uma alta esterilidade de espiguetas (SANTOS et al., 2006).

O trabalho do programa de melhoramento é reverter esse processo, que prejudica genótipos de arroz neste tipo de cultivo. Alguns trabalhos já realizados mostram o quão eficientes podem ser os métodos do melhoramento para aumentar o rendimento (PANTALIÃO, 2013; TERRA et al., 2015). Segundo Castro et al. (2011),

nos resultados do estudo “Tolerância de Linhagens Elite de Arroz de Terras Altas ao Estresse Hídrico”, pode-se visualizar os danos causados pela deficiência hídrica. No estudo, esses autores comentam que foi possível visualizar plantas com estatura menor, enrolamento de folha, atraso no florescimento, grãos estéreis e conseqüentemente menor produtividade. Há a necessidade de desenvolver novos genótipos otimizados, com características que favoreçam a tolerância aos efeitos do estresse hídrico, promovendo alta produtividade (TERRA et al., 2008; (CASTRO et al., 2013). Assim, a eficiência da cultura de arroz de terras altas depende de condições favoráveis para estabelecer boa absorção hídrica, com plantas mais tolerantes, para sobreviver e desenvolver mesmo na reduzida disponibilidade hídrica, além de aproveitamento otimizado da água (SILVEIRA; PANTALIÃO; BRONDANI, 2015; SILVEIRA, 2014).

A tolerância à baixa disponibilidade hídrica pode aumentar a produtividade e diminuir os dias necessários para iniciar floração, aumentando a massa média dos grãos, além de estabelecer viabilidade econômica para essa prática em regiões onde a deficiência hídrica pode ser um problema frequente (SILVEIRA, 2014).

Como observado, o arroz de terras altas sofre com vários fenômenos de estresse ambiental. Visando melhorar sua produtividade, diminuir a esterilidade e os dias do ciclo de vida do *Oryza sativa* L. até o florescimento. Apesar dos progressos já alcançados há necessidade de obter genótipos mais adaptados. Com isso, este trabalho objetivou-se avaliar genótipos de arroz de terras altas com uma elevada tolerância a deficiência hídrica, através do melhoramento por seleção fenotípica, que corresponde a uma técnica de baixo custo, uma vez que são selecionados genótipos tolerantes a seca.

2. MATERIAL E METODOS

2.1. Material Genético

Foram utilizados 11 genótipos para avaliação da condição de estresse hídrico, no Viveiro de Tolerância a Seca (VTS). Como controle foram avaliadas três amostras-testemunha, que são cultivares comerciais referência por serem tolerantes e suscetíveis à seca (Tabela 1). Inicialmente, a partir de um painel com 184 genótipos, provenientes de diversas partes do mundo, onde foram selecionados para o experimento PRAY (*Phenomics of Rice Adaptation and Yield*) 2016, com objetivo de escolher as plantas mais tolerantes à seca em condições controladas, que em seguida foram selecionadas onze e colocadas em teste de campo.

Tabela 1 - Genótipos selecionados para o Viveiro de Tolerância a Seca

Tratamento	Linhagem	Origem
1	IAC 25	PRAY 2016 - 15
2	EARLY MUTANT IAC 165::GERVEX 8508-C1	PRAY 2016 - 106
3	GUARANI::GERVEX 8506-C1	PRAY 2016 - 111
4	HD 1-4::C1	PRAY 2016 - 112
5	CIRAD 392::C1	PRAY 2016 - 103
6	CIRAD 409::IRGC 116969-1	PRAY 2016 - 55
7	CIRAD 394::C1	PRAY 2016 - 104
8	IAC 164::IRGC 117251-1	PRAY 2016 - 60
9	Peek::IRGC 11821-1	PRAY 2016 - 77
10	NENG NAH::IRGC 78275-1	PRAY 2016 - 74
11	IRAT 380::C1	PRAY 2016 - 127
12	BRS Esmeralda	PRAY 2016 - Testemunha
13	Douradão	PRAY 2016 - Testemunha
14	Soberana	PRAY 2016 - Testemunha

Fonte: Próprio do autor (2017)

2.2. Implantação do ensaio

O experimento foi conduzido na estação seca, em dois tratamentos hídricos, isto é, com e sem estresse hídrico, no sítio de fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica, na estação experimental da EMATER (Empresa de Assistência

Técnica e Extensão Rural), em Porangatu, estado de Goiás, no ano agrícola de 2017.

No mês de maio foi realizado o plantio dos genótipos, previamente selecionados, onde o solo foi preparado e semeado mecanicamente, utilizando o método convencional.

O estudo foi realizado em delineamento experimental com Blocos Casualizados (DBC), contendo 14 tratamentos (t) e 4 repetições (r). As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 4 metros de comprimento, espaçamento entre linhas de 0,30 metros e densidade de 75 sementes por metro.

2.3. Manejos, controle e colheita

A adubação de base, realizada no dia do plantio, foi constituída por 400 kg/ha de formulação 05-30-15; a adubação de cobertura foi com 100 Kg/ha da formulação 20-00-20, após 36 dias do plantio; e 100kg/ha de ureia aproximadamente 60 dias após plantio.

Foram utilizados os seguintes herbicidas: 1º pulverização (Oxadiazon 750ml/ha + Metsulfurom metílico 3 g/ha), um dia após o plantio; 2º pulverização (Carfentrazona etílica 40 ml/ha + Cialofope ácido 243 ml/ha), aproximadamente 30 dias após o plantio; e 3º pulverização (2,4-D Amina 180 ml/ha + Metsulfurom metílico 3 g/ha + Cialofope ácido 243 ml/ha), após 40 dias do plantio.

A colheita do arroz foi efetuada manualmente utilizando somente duas linhas de 3 metros, excluindo-se a bordadura (faixa de arroz exclusiva para a proteção). A trilha foi realizada manualmente e logo após realizou-se a secagem à sombra e a limpeza do material, separando a palha e as espiguetas chochas, isto com auxílio de uma peneira, através de abanação manual. Após, determinou-se, por diferença de peso, a produtividade de grãos, em kg/ha.

2.4. Tratamentos hídricos

Foram utilizadas 4 repetições, duas com estresse hídrico e duas em tratamento normal de irrigação, para os dois tratamentos até o dia 45 foi feita irrigação igual, ou seja, duas vezes por semana realizada, por auto propelido adaptado com barras. O acompanhamento da umidade do solo foi feito empregando tensiômetros, que são aparelhos desenvolvidos para medir a tensão com que a água está retida nas partículas de solo, obtendo assim monitoramento eficaz associado à irrigação eficiente. Para o ensaio com deficiência hídrica, a irrigação foi reduzida em 50%, após os 45 dias até a colheita.

2.5. Características Avaliadas

Durante todo o ciclo da cultura, foram analisados os seguintes caracteres morfofisiológicos:

- i) - *Altura de planta*: foi selecionada uma planta, aleatoriamente da parcela, dessas foi realizada medição, com auxílio de uma régua, onde é medida desde a base do solo até o ápice da panícula.
- ii) - *Dias até floração*: foram anotados os dias em que o genótipo levou para iniciar a fase reprodutiva (emissão da panícula), quando 50% das panículas haviam emergido.
- iii) - *Grãos cheios e vazios*: foi realizada a colheita de seis panículas que foram trilhadas, separando os grãos cheios e os grãos vazios, contando-os, para determinação de esterilidade e da produção.
- iv) - *Produção de grãos*: foram colhidas as duas fileiras centrais de cada parcela, que foram trilhadas e armazenadas em capangas, após este processo, foram separados os grãos cheios e realizada a pesagem, para determinação da produção.

Todos os dados foram analisados por programa estatístico SISVAR. As médias foram comparadas e agrupadas pelo teste de Scott e Knott ($\alpha \leq 0,5$). Para o cálculo da precisão experimental foi utilizada a acurácia, seguindo a metodologia de (RESENDE; DUARTE, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precisão experimental foi avaliada pelo Coeficiente de Variação (CV%), onde resultados inferiores a 10% indicam alta precisão; entre 10 a 20%, médios e com boa precisão; de 20 a 30%, altos e de média precisão; e quando superiores a 30%, muito altos, comumente encontrados em dados de campo de grandes culturas (FERREIRA; MORAIS, 2017; TOMÉ, 2017).

Segundo Costa et al. (2002), para que o erro experimental seja minimizado aspectos como tamanho das parcelas, quantidade de repetições, delineamento utilizado, cultura utilizada e a diferença entre os solos, devem ser observadas. Quanto maior for a precisão experimental, maior a capacidade de detectar diferença realmente significativa entre os tratamentos.

Na análise conjunta dos tratamentos foi possível visualizar que para os caracteres 1) dias até o florescimento e 2) altura de planta, os CV% foram 3,92% e 9,88%, respectivamente, indicando alta precisão experimental. Para 3) grãos totais o CV foi de 17,82% (médio, com precisão boa); 4) esterilidade apresentou CV% de 25,51% (alto e de média precisão) e para 5) produtividade de grãos 38,75%, um CV% mais alto, resultado obtido por estar em um ambiente no qual o estresse foi muito severo (Tabela 2).

Também foi utilizado o cálculo da acurácia para verificação da precisão experimental, onde é possível computar a medida da correlação entre a estimativa e o valor real do parâmetro, ou seja, a acurácia prova quanto o valor do experimento aproximou-se do verdadeiro. Acurácias com valores de 0,10 a 0,40 são consideradas baixas; de 0,50 a 0,65, moderadas; de 0,70 a 0,85, altas; e de 0,90 a 0,99, muito alta. Os resultados próximos de 1 são esperados para validar a eficiência

do experimento (RESENDE E DUARTE, 2007). Apesar da esterilidade e produção apresentar um CV% mais alto, a acurácia demonstrou que ambos obtiveram boa precisão experimental, 0,95% e 0,91%, respectivamente. Os demais caracteres também apresentaram valores altos para acurácia. Em relação a análise conjunta houve diferença significativa (teste de F) para todas as características. Para o local o único carácter, que não houve diferença significativa foram os grãos totais. Houve interação genótipo x ambiente para os caracteres florescimento e produtividade de grãos, indicando que o comportamento dos genótipos não foi coincidente nos diferentes ambientes de avaliação, devido às diferentes condições ambientais que foram expostos (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de variância conjunta para os caracteres: número de dias para o florescimento (dias), altura (cm), nota de seca (notas), produtividade de grãos (kg/ha), grãos totais (unidade) e esterilidade (porcentagem).

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		FLO ¹ (dias)	ALTURA (cm)	PROD ¹ (kg/ha)	GRÃOS TOTAIS (g)	ESTERILIDADE
TRATAMENTO	13	333,18*	275,7*	299375,01*	76330,72*	1417,3*
LOCAL	1	38,89**	2870,43*	22332028,04*	3322,32 ^{ns}	30215,43*
TRAT*LOCAL	13	21,08*	60,66 ^{ns}	178907,03**	7041,07 ^{ns}	199,52 ^{ns}
REP(LOCAL)	6	21,32*	71,66 ^{ns}	227901,43**	5659,51 ^{ns}	143,45 ^{ns}
ERRO	78	6,91	41,50	90570,80	5734,04	128,68
ACURÁCIA(%)		0,99	0,92	0,91	0,96	0,95
CV(%)		3,92	9,88	38,75	17,82	25,51
MÉDIA		67,07	65,18	776,67	424,89	44,47

Ns- não significativo; **- significativo a 5%; *- significativo a 1% ¹ FLOR: Número de dias para o florescimento, PROD: Produtividade de grãos, FV: Fontes de Variação, GL: Graus de liberdade, TRAT: Tratamento, REP: Repetição e CV: Coeficiente de variação. Fonte: Próprio do autor (2017)

Os genótipos foram agrupados em classes fenotípicas distintas pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$), para todos os caracteres avaliados (Tabela 3). O carácter florescimento foi agrupado em 5 classes distintas, havendo variações de 62 a 86 dias. O agrupamento foi de 3 classes distintas para altura e esterilidade, sendo a menor altura de 54 cm e a maior de 74 cm. Já para esterilidade a variação foi de 25% a 71%. Produtividade de grãos e grãos totais foram agrupados em duas classes distintas, havendo variação de 600 kg/ha a 1112 kg/ha para produtividade de grãos e 266 a 636 unidades para grãos totais. Observa-se que houve grandes variações

entre genótipos em relação aos valores obtidos para todas as características, demonstrando uma grande variabilidade dentro da população.

Tabela 3 - Média conjunta dos dois ambientes para os caracteres: número de dias para o florescimento (dias), altura (cm), nota de seca (notas), produtividade de grãos (kg/ha), grãos totais e esterilidade.

TRAT ¹	FLO ¹ (dias)	ALT ¹ (cm)	PROD ¹ (kg/ha)	GRÃOS TOTAIS (un.)	ESTERILIDADE (%)
1	68,50 c	74,12 c	652,30 a	441,25 b	46,21 b
2	71,00 d	71,12 c	872,94 b	468,75 b	39,93 b
3	65,75 b	64,75 b	1112,32 b	373,50 a	25,81 a
4	67,87 c	54,00 a	830,79 b	350,87 a	34,77 a
5	62,12 a	61,50 b	900,80 b	299,50 a	34,13 a
6	62,25 a	56,50 a	441,22 a	408,37 b	59,44 c
7	62,87 a	62,62 b	737,77 a	465,87 b	43,50 b
8	71,00 d	69,75 c	697,88 a	530,00 b	40,74 b
9	60,75 a	62,62 b	597,67 a	266,12 a	46,46 b
10	65,00 b	72,37 c	652,80 a	323,75 a	31,99 a
11	63,75 b	62,50 b	969,68 b	477,00 b	37,08 a
12	86,50 e	65,25 b	719,52 a	636,12 c	71,86 c
13	67,37 c	65,25 b	1082,11 b	436,75 b	43,23 b
14	64,25 b	70,25 c	605,31 a	470,25 b	67,38 c
MÉDIA	67,07	65,19	776,65	424,86	44,47

*Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). As letras em minúsculo que aparecem na frente das médias, são resultados de formação de grupos.

¹ TRAT: Tratamentos, FLO: Número de dias para o florescimento e PROD: Produtividade de grãos.
Fonte: Próprio do autor (2017)

Para cada ambiente, estressado e com irrigação normal, foi realizada uma análise de variância individual, os resultados de F apresentaram diferença significativa entre os tratamentos para ambos os ambientes. Nos resultados de F dos blocos, no ambiente com deficiência hídrica, não houve diferença significativa apenas para altura e grãos totais, já para o ambiente com irrigação normal houve diferença significativa apenas para floração e grãos totais, como apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Nas tabelas 6 e 7 é possível visualizar as médias para todos os caracteres avaliados nos ambientes com e sem estresse hídrico, respectivamente. Assim como nas médias da análise conjunta, os genótipos foram agrupados em

classes fenotipicamente distintas pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$), onde no ambiente sem estresse hídrico as médias foram superiores ao ambiente com estresse.

Tabela 4 - Análise de variância do ambiente sob estresse hídrico para os caracteres: número de dias para o florescimento (dias), altura (cm), nota de seca (notas), produtividade de grãos (kg/ha), grãos totais (unidade) e esterilidade (porcentagem).

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		FLO ¹ (dias)	ALTURA (cm)	PROD ¹ (kg/ha)	GRÃOS TOTAIS (g)	ESTERILIDADE
TRATAMENTO	13	229,21*	102,02*	111001,16*	33521,69*	1229,87*
BLOCO	3	21,16**	12,06 ^{ns}	107600,52**	4325,11 ^{ns}	257,11**
ERRO	39	10,34	28,75	37330,83	6534,62	210,69
ACURÁCIA(%)		0,97	0,84	0,81	0,89	0,91
CV(%)		4,75	8,92	58,52	19,27	23,84
MÉDIA		67,66	60,12	330,13	419,44	60,89

Ns- não significativo; **- significativo a 5%; *- significativo a 1%

¹ FLOR: Número de dias para o florescimento, PROD: Produtividade de grãos, FV: Fontes de Variação, GL: Graus de liberdade, TRAT: Tratamento, REP: Repetição e CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Próprio do autor (2017)

Tabela 5 - Análise de variância do ambiente com irrigação normal para os caracteres: número de dias para o florescimento (dias), altura (cm), nota de seca (notas), produtividade de grãos (kg/ha), grãos totais (unidade) e esterilidade (porcentagem).

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		FLO ¹ (dias)	ALTURA (cm)	PROD ¹ (kg/ha)	GRÃOS TOTAIS	ESTERILIDADE
TRATAMENTO	13	125,05*	234,34*	367280,88**	49850,1*	386,95*
BLOCO	3	21,49*	131,26 ^{ns}	348202,34 ^{ns}	6993,92**	29,78 ^{ns}
ERRO	39	3,48	54,26	143810,78	4933,47	46,66
ACRÁCIA(%)		0,98	0,88	0,88	0,94	0,93
CV(%)		2,81	10,49	31,00	16,32	24,36
MÉDIA		66,48	70,25	1223,20	430,33	28,04

Ns- não significativo; **- significativo a 5%; *- significativo a 1%

¹ FLOR: Número de dias para o florescimento, PROD: Produtividade de grãos, FV: Fontes de Variação, GL: Graus de liberdade, TRAT: Tratamento, REP: Repetição e CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Próprio do autor (2017)

Tabela 6 - Média do ambiente com estresse hídrico para os caracteres: número de dias para o florescimento (dias), altura (cm), nota de seca (notas), produtividade de grãos (kg/ha), grãos totais e esterilidade.

TRAT ¹	FLO ¹ (dias)	ALT ¹ (cm)	PROD ¹ (kg/ha)	GRÃOS TOTAIS (un.)	ESTERILIDADE (%)
1	71,00 c	65,75 b	229,52 a	390,50 a	62,27 a
2	72,75 c	64,00 b	431,87 b	402,25 a	57,76 a
3	66,00 b	61,50 b	560,06 b	379,75 a	42,04 a
4	69,25 c	49,75 a	346,11 b	350,75 a	46,33 a
5	60,00 a	57,50 a	485,12 b	309,50 a	44,57 a
6	61,50 a	59,50 a	186,20 a	401,50 a	82,41 b
7	62,75 b	68,00 a	287,41 a	497,00 b	59,68 a
8	72,75 c	57,00 b	562,36 b	547,25 b	53,08 a
9	58,50 a	63,50 a	288,40 a	274,75 a	59,97 a
10	65,50 b	59,00 b	253,08 a	327,00 a	40,29 a
11	63,00 b	55,00 a	452,90 b	501,75 b	55,79 a
12	88,50 e	63,25 a	802,70 a	588,25 b	97,68 b
13	70,25 c	63,75 b	425,69 b	448,25 b	61,07 a
14	65,50 b	63,75 b	104,26 a	453,75 b	89,55 b
MÉDIA	67,66	60,80	386,83	422,50	60,89

*Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). As letras em minúsculo que aparecem na frente das médias, são resultados de formação de grupos.

¹ TRAT: Tratamentos, FLO: Número de dias para o florescimento e PROD: Produtividade de grãos.
Fonte: Próprio do autor (2017).

Tabela 7 - Média do ambiente com irrigação normal para os caracteres: número de dias para o florescimento (dias), altura (cm), nota de seca (notas), produtividade de grãos (kg/ha), grãos totais e esterilidade.

TRAT ¹	FLO ¹ (dias)	ALT ¹ (cm)	PROD ¹ (kg/ha)	GRÃOS TOTAIS (un.)	ESTERILIDADE (%)
1	66,00 a	82,50 b	1075,48 a	492,00 b	30,15 b
2	69,25 c	78,25 b	1314,01 b	535,25 b	22,10 b
3	65,50 a	68,00 a	1664,45 b	467,25 a	9,57 a
4	66,50 b	58,25 a	1314,68 b	351,00 a	23,22 b
5	64,25 a	65,50 a	1316,48 b	289,50 a	23,70 b
7	63,00 a	65,75 a	1188,12 a	434,75 b	27,32 b
8	69,25 c	71,50 a	833,41 a	512,75 b	28,40 b
9	63,00 a	68,25 a	906,94 a	257,50 a	32,95 c
10	64,50 a	81,25 b	1052,52 a	320,50 a	23,69 b
11	64,50 a	66,00 a	1486,45 b	452,25 b	18,36 a
12	84,50 d	75,50 b	1431,01 b	684,00 c	46,05 d
13	64,50 a	67,25 a	1738,54 b	425,25 b	25,39 b
14	63,00 a	76,75 b	1106,36 a	487,50 b	45,22 d
MÉDIA	66,48	70,25	1223,19	437,48	28,04

*Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). As letras em minúsculo que aparecem na frente das médias, são resultados de formação de grupos.

¹ TRAT: Tratamentos, FLO: Número de dias para o florescimento e PROD: Produtividade de grãos.
Fonte: Próprio do autor (2017).

3.1. Produtividade

Como esperado, alguns caracteres no ambiente irrigado foram mais eficientes, como a produtividade de grãos, que obteve produção média de 1.223,2 kg/ha contra 386,8 kg/ha no ambiente sob estresse hídrico, houve uma redução na produção de cerca de 73%. A baixa produtividade no ambiente seco, está relacionada a falta de água, tendo maior efeito quando afeta a cultura de arroz próximo do período de floração, provocando diminuição de panículas e de grãos por panícula e aumentado a esterilidade, como foi observado no estudo de Heinemann; Stone, (2009).

Foi encontrado, no atual experimento, valores para o CV% de 58,52% e 31%, para os ambientes com e sem estresse hídrico, respectivamente, considerados altos, porém aceitáveis para trabalhos em campo. No trabalho Costa et al. (2002) propuseram uma classificação para o coeficiente de variação, onde eles obtiveram CV% em produtividade alto de 34,6%, porém justificado para trabalhos realizados em campo, onde, condições climáticas interfere diretamente na produção da planta. No cálculo da acurácia foram encontrados valores de 0,81% e 0,88% para os ambientes com e sem estresse hídrico, respectivamente, demonstrando boa precisão experimental. Em relação a análise de variância, houveram diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de F em ambos os ambientes avaliados (Tabela 4 e 5).

Nas médias de produtividade para cada tratamento, foram adquiridos resultados diferentes, onde, para o ambiente com estresse hídrico o genótipo que teve maior produção foi o Tratamento (TRAT) 8, com (562,36 kg/ha) e a menor produtividade o TRAT 12 com (8,02 kg/ha), uma diferença de aproximadamente (550 kg/ha). Na condição onde houve irrigação as médias foram superiores mostrando grande variabilidade, o genótipo que obteve a maior média foi o TRAT 13, com (1.738,54 kg/ha) e o menor foi o TRAT 6, com (696,25 kg/ha), aproximadamente (1.000 kg/ha) de diferença (Tabelas 6 e 7).

Para o ambiente com estresse hídrico 5 tratamentos (8, 3, 5, 11 e 2) foram melhores, sendo melhor que testemunha. Para o ambiente sem estresse

hídrico os 7 primeiros tratamentos (13, 3, 11, 12, 5, 4 e 2) foram os melhores junto com 2 testemunhas, demonstrando alto potencial para a tolerância a deficiência hídrica. Segundo Terra, (2008) a redução da produtividade na maioria dos casos e devida a grande quantidade de grãos vazios e menor número de espiguetas por panícula, ocasionando maior esterilidade (Tabelas 6 e 7).

3.2. Esterilidade

Houve diferença entre os tratamentos para os dois ambientes ($p < 0,05$). Para os ambientes com e sem hídrico obteve-se CV% de média precisão (23,84% e 24,36% respectivamente). Também foi usado a acurácia como cálculo para comprovação do experimento, onde obteve-se valores de (0,91% e 0,93% para a condição sem e com irrigação, respectivamente), tendo precisão experimental excelente (Tabelas 4 e 5).

Segundo Terra, (2008), plantas que expostas a temperaturas diurnas extremamente fortes, tendem a ter redução no percentual de grãos férteis, aumentando a esterilidade. No presente trabalho, o tratamento 10 obteve a menor esterilidade na condição de seca com 40,29%, tal valor pode ser considerado alto, porém em ambiente com estresse hídrico é esperado maiores valores de esterilidade de grãos. O maior valor foi do tratamento 12 com (97,68%). Na condição sem estresse o genótipo que menos sofreu foi o tratamento 3 que teve esterilidade de (9,57%), o que teve maior taxa de esterilidade foi o tratamento 12 com (46,05%) (Tabelas 6 e 7). As medias para os ambientes com e sem estresse hídrico são (60,89% e 28,04% respectivamente), sob o estresse houve uma perda na produção de (53,95%), como podemos observar nas tabelas 5 e 6. Fator que ocasiona a esterilidade de espiguetas, está relacionado com altas temperaturas diurnas, mesmo no ambiente com irrigação normal, porém, o uso do caráter na seleção de linhagens promissoras a tolerância a deficiência hídrica mostra-se promissora (TERRA et al., 2015). Para o ambiente com estresse hídrico 4 tratamentos (10, 3, 5 e 4) manteve-se abaixo de 50% de esterilidade, essas foram melhores, sendo melhores que as

testemunhas, no ambiente sem estresse hídrico 6 tratamentos (3, 11, 2, 4, 10 e 5) manteve-se abaixo de 25% de esterilidade, sendo elas mais eficientes que as melhores testemunhas. A maior esterilidade no ambiente seco pode estar ligada à diminuição da fecundação do grão de pólen, devido a menor quantidade de água no ambiente (Tabelas 6 e 7).

3.3. Altura de planta

Segundo o trabalho do Crusciol et al. (2003), demonstra-se que a falta de água afeta o crescimento do arroz, uma vez que o genótipo não recebe a quantidade de água necessária para seu crescimento. Para altura de planta nos dois ambientes ocorreu diferença significativa entre os valores para o tratamento ($p < 0,05$). Onde para o ambiente com estresse hídrico o CV% foi médio (10,49%) e com boa precisão e acurácia de (0,88%), alcançando ótima precisão experimental. Para o ambiente sem estresse hídrico o CV% foi baixo (8,92%) e com boa precisão e acurácia alta de (0,84%), comprovando que houve precisão experimental (Tabela 4 e 5).

O ambiente com irrigação hídrica normal obteve altura média de (70,2 cm), já o ambiente com estresse hídrico obteve altura média de (60,8 cm). Compreende-se que houve uma diminuição na altura da planta no ambiente sob condição restritiva de água de (16,8 %), como demonstrado nas tabelas 4 e 5.

O ambiente com estresse hídrico obteve médias baixas comparadas ao ambiente irrigado. A menor planta do ambiente sob estresse hídrico foi o TRAT 4 com (49,7 cm) e a maior foi o TRAT 8 com (57 cm). No ambiente com irrigação, o TRAT 4 também foi o menor genótipo com (58,2 cm), e o maior foi o TRAT 1 com (82,5 cm), (Tabelas 6 e 7). Segundo Carlesso et al, (1998) antecipando a irrigação na cultura de arroz após a germinação de 30 para 15 dias, obteve genótipos com altura superior, determinando que o estresse hídrico influencia diretamente no seu crescimento. É possível ver resultados semelhantes em outras culturas como (ARRUDA et al., 2015) amendoim; (BATISTA, 2012) cana-de-açúcar e (DUTRA et al., 2012) girassol, onde a altura sempre é afetada em condições de seca.

Para o ambiente com estresse hídrico 2 tratamentos (4 e 6) foram melhores, sendo melhores que as testemunhas. No ambiente sem estresse hídrico 6 tratamentos (4, 6, 5, 7 e 11) foram melhores que a melhor testemunha, tal resultado pode estar relacionado com a capacidade da planta em produzir e conduzir fotoassimilados sob estresse hídrico (Tabelas 6 e 7).

3.4. Grãos totais

Quanto ao número de grãos totais por panículas, é possível observar em cada ambiente com e sem estresse hídrico a variação alcançada. Na ausência do estresse hídrico observa-se que genótipos produzem relativamente melhor.

Houve diferença entre os tratamentos no ambiente com e sem estresse hídrico ($p < 0,05$). Foram realizadas análises onde, obteve-se CV% bom para o ambiente seco de (19,27%). Para a condição com irrigação normal obteve-se CV% bom de (16,32%). Para comprovar a precisão experimental foi utilizado o cálculo da acurácia, onde, pode-se obter resultados muito altos como (0,89% e 0,94% para os ambientes com e sem estresse respectivamente), demonstrando excelente precisão experimental (Tabelas 4 e 5).

Nos dois ambientes o tratamento 12 obteve maior quantidade de grãos, com (684 un e 588,25 un, no ambiente sem e com estresse hídrico respectivamente), o genótipo que menos produziu foi o tratamento 9 com (257,5 un contra 274,75 un, no ambiente sem e com estresse hídrico respectivamente). O TRAT 9 apesar de ter sido o pior nos dois ambientes, na condição de seca obteve maior produção do que o sistema irrigado, um aumento de 7% nos grãos (Tabelas 6 e 7).

Para o ambiente com estresse hídrico 8 tratamentos (9, 5, 10, 4, 3, 1, 6 e 2) foram melhores, sendo melhor que as testemunhas. No ambiente sem estresse hídrico 6 tratamentos (9, 5, 10, 4, 3 e 6) foram melhores que a melhor testemunha. Houve uma diminuição na produção de grãos para o ambiente seco, devido as condições climática severas de seca e estar sob estresse hídrico (Tabelas 6 e 7).

3.5. Dias até o florescimento

Devido a necessidade da planta em obter água, principalmente em estágios reprodutivos, a condição de seca é um risco, e geralmente afeta a cultura do arroz de terras altas, em decorrência dos veranicos, dependendo de qual fase do desenvolvimento for atingida, se aumenta os dias até o florescimento, não há o enchimento do grão e, conseqüentemente diminui a produtividade (ADORIAN, 2014).

Os 2 ambientes avaliados apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. O ambiente com estresse hídrico apresentou um CV% baixo (4,75%) com boa precisão e acurácia (0,97%), mostrando alta precisão experimental. Para o ambiente com irrigação, obteve-se coeficiente de variação baixo (2,81%) e com boa precisão e acurácia (0,98%) tendo alta precisão experimental (Tabela 5 e 6).

Nas tabelas 7 e 8, pôde-se observar que as médias de florescimento para os dois ambientes não se diferiram, o tratamento 9 obteve menor ciclo (com 58,5 e 63 dias após a emergência até o florescimento, nas condições com estresse e sem estresse hídrico, respectivamente) e o tratamento 12 apresentou o maior ciclo (com 88,5 e 84,5 dias após o nascimento até o florescimento, nas condições com estresse e sem estresse hídrico, respectivamente).

Segundo Terra, (2008) a planta deve acelerar o seu desenvolvimento alcançando o florescimento mais cedo, evitando que o estresse hídrico atrapalhe o enchimento das espiguetas, usado como mecanismo de escape ao estresse hídrico, diminuindo a perda de produtividade. No presente trabalho é possível observar que as plantas no ambiente irrigado tiveram a média geral de (66,48) dias, ficando a abaixo da média do ambiente seco que obteve (67,66) dias. Teve uma elevação na FLO para o ambiente com estresse hídrico de cerca de 1,70% dias, relativamente baixo, porém, mostra que o ambiente seco foi mais prejudicado (Tabelas 5 e 6).

Para o ambiente com estresse hídrico 6 tratamentos (9, 5, 6, 7, 11 e 10) foram melhores, sendo mais eficientes que a melhor testemunha. Para o ambiente

sem estresse hídrico 2 tratamentos (7 e 6) foram melhores que a melhor testemunha. Segundo Terra, (2008) o atraso no florescimento pode ser atribuído na condição seca, pela planta priorizar os fotoassimilados primeiramente para produção da parte vegetativa e posteriormente para parte reprodutiva da planta, no enchimento dos grãos (Tabelas 6 e 7).

4. CONCLUSÕES

- a) Os genótipos (GUARANI::GERVEX 8506-C1, IRAT 380::C1, CIRAD 392::C1 e EARLY MUTANT IAC 165::GERVEX 8508-C1) se destacaram para tolerância à deficiência hídrica com as maiores produtividades em ambos os ambientes e são recomendados como doadores em cruzamentos visando tolerância à seca;
- b) A esterilidade das espiguetas foi o caráter que apresentou maior variação entre os genótipos, havendo maior esterilidade na condição de estresse hídrico. Para a grande maioria dos genótipos com as maiores produções, as esterilidades das espiguetas situaram-se dentre as mais baixas, sendo assim podendo apresentar caracteres morfológicos para tolerância a seca e serem selecionados como genótipos que mais produzem sob estresse hídrico.

5. REFERÊNCIAS

ADORIAN, G. Coeficiente da cultura e avaliação em vaso da deficiência hídrica em dois genótipos de arroz de terras altas. **Tese**, p. 104, 2014.

ARRUDA, I. M. et al. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 146–154, 2015.

BATISTA, E. DA S. Efeito Do Estresse Hídrico Sobre O Crescimento. **Dissertação**, p. 1–97, 2012.

CARLESSO, R. et al. Índice De Área Foliar E Altura De Plantas De Arroz Submetidas a Diferentes Práticas De Manejo. **R Bras Eng Agríc Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 268–272, 1998.

CASTRO, A. P. et al. Avaliação de cultivares de arroz (*Oryza sativa*) de terras altas quanto à deficiência hídrica. **7º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas**, p. 1918–1922, 2013.

CASTRO, A. P. DE et al. Tolerância de Linhagens Elite de Arroz de Terras Altas ao Estresse Hídrico. 2011.

COSTA, N. H. D. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 243–249, 2002.

CRUSCIOL, C. C. A. et al. Produtividade do arroz de terras altas sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão em função do espaçamento entre fileiras 1. **Agronomia**, v. 37, n. 1, p. 10–15, 2003.

DUTRA, C. C. et al. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. SUPPL.1, p. 2657–2668, 2012.

FERREIRA, C. M.; MORAIS, O. P. Formação da matriz produtiva do arroz no Brasil. **Planeta arroz**, Disponível em: <<https://www.planetaarroz.com.br/flip/ed61/>>. Acesso em 27 de novembro de 2017.

GUIMARÃES, P. H. R. Método para fenotipagem de raiz e mapeamento associativo para tolerância à deficiência hídrica em arroz. **Tese**, p. 1–130, 2017.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F. Efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento e rendimento de quatro cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 134–139, 2009.

JUNIOR, O. P. DE M. Variabilidade E Progresso Genético. **Dissertação**, p. 1–163, 2013.

PANTALIÃO, G. F. Mapeamento associativo para produtividade em arroz sob déficit hídrico. **Dissertação**, p. 0–71, 2013.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182–194, 2007.

SANTOS, B. et al. A cultura do arroz no brasil. **Embrapa Arroz e Feijão**, v. 2, p. 1–1000, 2006.

SILVEIRA, R. D. D. Análise do transcriptoma de arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.) cultivado sob condição de seca. **Tese**, p. 1–115, 2014.

SILVEIRA, R. DIÓGENES D.; PANTALIÃO, G. F.; BRONDANI, C. Estudos genômicos de tolerância à seca em arroz: uma breve revisão. **Multi-science journal**, v. 1, n. 1, p. 62–69, 2015.

SQUILASSI, M. G. Melhoramento de plantas e a produção de alimentos. **Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos**, v. 1, n. 56, p. 18, 2003.

TERRA, T. et al. Estudo de dez genótipos de arroz para tolerância à seca no cerrado sul tocaninense. 2008.

TERRA, T. G. R. Avaliação de características morfofisiológicas de tolerância à seca em uma coleção nuclear de acessos de arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.). v. 0, p. 1–70, 2008.

TERRA, T. G. R. et al. Características de tolerância à seca em genótipos de uma coleção nuclear de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 788–796, 2015.

TOMÉ, L. M. Emprego dos índices de seleção no arroz lavras - mg. **tese**, p. 55, 2017.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. DE. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1184–1192, 2008.