

**AMANDA RIBEIRO PERES**

**Variação hídrica e fontes de nitrogênio em cultivares de arroz  
de terras altas: produção e qualidade fisiológica de sementes**

Ilha Solteira  
2017

**AMANDA RIBEIRO PERES**

Varição hídrica e fontes de nitrogênio em cultivares de arroz de terras altas: produção e qualidade fisiológica de sementes

Prof. Dr. Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues  
**Orientador**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia -  
UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção  
do título de Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira  
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- P437v Peres, Amanda Ribeiro.  
Variação hídrica e fontes de nitrogênio em cultivares de arroz de terras altas: produção e qualidade fisiológica de sementes / Amanda Ribeiro Peres. Ilha Solteira: [s.n.], 2017  
146 f. : il.
- Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2017
- Orientador: Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues  
Inclui bibliografia
1. Oryza sativa L. 2. Irrigação por aspersão. 3. Adubação nitrogenada. 4. Ureia revestida. 5. Brs Esmeralda. 6. Teor de N foliar.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Variação hídrica e fontes de nitrogênio em cultivares de arroz de terras altas: produção e qualidade fisiológica de sementes

AUTORA: AMANDA RIBEIRO PERES

ORIENTADOR: RICARDO ANTONIO F RODRIGUES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RICARDO ANTONIO F. RODRIGUES

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO

Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Profa. Dra. RITA DE CÁSSIA FÉLIX ALVAREZ

Curso de Agronomia / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Ilha Solteira, 24 de fevereiro de 2017

## **DEDICO**

Aos meus pais Mário e Reni,  
pelo exemplo de vida, honestidade, coragem,  
determinação, amor e apoio incondicional nesta  
e em todas as outras etapas da minha vida.

A minha irmã Anelise,  
pela amizade e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

Aos meus pais e irmã, que sempre me apoiaram, motivaram e acreditaram.

Ao José R. Portugal pelo auxílio em todas as etapas de realização do experimento e por estar ao meu lado me incentivando e ajudando a superar os momentos difíceis.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Campus de Ilha Solteira, pela estrutura física e oportunidade de realização deste trabalho.

Aos professores da Pós-Graduação em Sistemas de Produção, pelos ensinamentos ministrados e contribuição fundamental na minha formação profissional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues pelos ensinamentos durante esses anos de convivência, pela sua amizade e paciência, orientação na condução deste trabalho, pela confiança depositada em mim, pela oportunidade de ser sua orientada e por contribuir para a evolução do meu aprendizado.

Ao Prof. Dr. Orivaldo Arf, pelo auxílio no desenvolvimento do experimento, por ceder material para realização do mesmo, pelos ensinamentos e suporte no decorrer do período do doutorado.

Aos membros da banca de qualificação Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho e Prof. Dr. Élcio Hiroyoshi Yano e também aos membros da banca de defesa de tese Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira, Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá, Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rita de Cassia Félix Alvarez pelas valiosas contribuições ao trabalho.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação da FEIS/UNESP.

Aos colegas de graduação e Pós-graduação pela convivência e ajuda na condução e avaliação do experimento, em especial ao Donário, Nayara, Lucas, Flávia e Alex.

À CAPES pela bolsa de doutorado concedida.

Aos funcionários do laboratório de Análise de Sementes, do laboratório de Análise de Plantas do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, e da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão, pelo auxílio, amizade e dedicação.

## RESUMO

Dentre os desafios atuais da agricultura, estão a racionalização do uso da água, aumento da produtividade e redução das perdas de nutrientes. Para isso, deve-se avaliar técnicas de otimização ou redução da utilização da água, como o uso de cultivares mais adaptadas a estresses hídricos e, a aplicação de fertilizantes melhor aproveitados pelas plantas. Recentemente foi lançado no mercado o cultivar de arroz BRS Esmeralda que tem como características maior tolerância ao estresse hídrico e elevado potencial produtivo. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da variação hídrica e fontes de N em cultivares de arroz de terras altas sobre o teor de N foliar, desempenho agrônomo, produtividade, qualidade industrial e qualidade fisiológica de sementes produzidas. O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Unesp, campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS e no laboratório de sementes em Ilha Solteira-SP, em 2013/14 e 2014/15. O tipo de solo é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso. O experimento foi realizado em duas etapas: produção em campo e avaliação da qualidade fisiológica das sementes produzidas. O delineamento experimental em campo foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas sub-subdividas, sendo constituído de três variações hídricas nas parcelas (irrigação com a lâmina recomendada para o arroz + precipitação; irrigação com a lâmina de 75% da recomendada + precipitação; e sem irrigação + precipitação, ou seja, sequeiro), de dois cultivares nas subparcelas (IAC 202 e BRS Esmeralda) e de quatro fontes de nitrogênio nas sub-subparcelas (ureia, sulfato de amônio, ureia + sulfato de amônio e ureia revestida), com quatro repetições. Observou-se que a redução da disponibilidade de água atrasou o florescimento e a maturação, e diminuiu a produção de matéria seca. As fontes de nitrogênio não diferiram quanto ao teor de nitrogênio foliar e na planta, a quantidade de nitrogênio acumulado na planta e a produtividade de grãos de arroz de terras altas cultivado em sequeiro ou sob irrigação por aspersão. Em ano com incidência de veranico no estágio reprodutivo, houve redução da produtividade de grãos do sequeiro em relação a irrigação por aspersão com as lâminas recomendada e 75% da recomendada, sendo maior a redução em cultivar com ciclo mais curto (BRS Esmeralda). Já em ano em que a deficiência hídrica ocorreu na fase vegetativa não houve interferência da variação hídrica sobre a produtividade de grãos, e o cultivar BRS Esmeralda proporcionou maior produtividade. A qualidade fisiológica das sementes do cultivar IAC 202 em ano com período de altas temperaturas na fase reprodutiva foi maior nas condições de sequeiro em comparação as lâminas de irrigação. Já em ano sem ocorrência de altas temperaturas na fase reprodutiva a maior qualidade de sementes ocorreu nos tratamentos irrigados em comparação ao sequeiro para o cultivar IAC 202. O acamamento do cultivar BRS Esmeralda nos tratamentos com irrigação por aspersão resulta em produção de sementes de menor qualidade em comparação ao sequeiro. As fontes de nitrogênio não diferiram em relação a qualidade fisiológica das sementes.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L. Irrigação por aspersão. Adubação nitrogenada. Ureia revestida. BRS Esmeralda. Teor de N foliar. Vigor de sementes.

## ABSTRACT

The rationalization of water use, the increase in productivity and the reduction of nutrient losses are among the current challenges of agriculture. For this, it is necessary to evaluate techniques of optimization or reduction of water use, such as the use of cultivars more adapted to water stresses, and the application of fertilizers better utilized by plants. Recently, the upland rice cultivar BRS Esmeralda, more tolerant to drought and with high productive potential, was released in the market. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of the hydric variation and nitrogen sources in topdressing in upland rice cultivars on the leaf nitrogen content, agronomic performance, yield, industrial quality and physiological quality of the seeds produced. The experiment was conducted at the Education and Research Farm of Unesp, Ilha Solteira campus, located in Selvíria-MS and in the seed laboratory in Ilha Solteira-SP, in 2013/14 and 2014/15. The soil of the area is a Dystrophic RED LATOSOL (Oxisol) with a clayey texture. The experiment was performed in two stages: field production and evaluation of the physiological quality of the seeds produced. The experiment conducted in the field consisted of randomized blocks in a split-split plot design, with three hydric variations as plots (irrigation with a recommended water depth for rice + rainfall; irrigation with 75% of the recommended water depth + rainfall; and without irrigation + rainfall – “rainfed”), two cultivars as subplots (IAC 202 and BRS Esmeralda) and four nitrogen sources as sub-subplots (urea, sulfate, urea + sulfate and coated urea), with four replications. The reduction in water availability delayed the flowering and ripening and reduced the production of dry matter. Nitrogen sources did not differ in terms of the leaf and plant nitrogen content, the amount of nitrogen accumulated in the plant, and grains productivity of upland rice grown in the rainfed or under sprinkler irrigation. In the year with dry spell during the reproductive stage, there was a reduction of the grains productivity of the rainfed in relation to sprinkler irrigation with the recommended and 75% of the recommended depths, being greater the reduction in cultivar with shorter cycle (BRS Esmeralda). On the other hand, there was no interference of hydric variation on grain yield in a year with water deficit during the vegetative stage, and the BRS Esmeralda cultivar provided higher productivity. The physiological quality of the seeds of the cultivar IAC 202 was higher in the rainfed conditions compared to the irrigation depths in year with period of high temperatures in the reproductive stage. However, in the year without occurrence of high temperatures in the reproductive stage, the highest seeds quality occurred in the irrigated treatments in comparison to the rainfed for the cultivar IAC 202. The lodging of the BRS Esmeralda cultivar in the treatments with sprinkler irrigation results in the seeds production of lower quality in comparison to the rainfed. Nitrogen sources did not differ in relation to the physiological quality of the seeds.

**Keywords:** *Oryza sativa* L. Sprinkler irrigation. Nitrogen fertilization. Coated urea. BRS Esmeralda. Leaf nitrogen content. Seeds vigor.

## LISTA DE FIGURAS

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <b>Figura 1 -</b>  | Temperatura máxima, mínima, precipitação pluviométrica e umidade relativa, registrados durante a condução do experimento em 2013/14. Selvíria, MS.....             | 36  |
| <b>Figura 2 -</b>  | Temperatura máxima, mínima, precipitação pluviométrica e umidade relativa, registrados durante a condução do experimento em 2014/15. Selvíria, MS.....             | 36  |
| <b>Figura 3 -</b>  | Genealogias do novo cultivar BRS Esmeralda, do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa.....   | 38  |
| <b>Figura 4 -</b>  | Quantidade de água acumulada da irrigação, chuva e total na cultura do arroz de terras altas em função da variação hídrica e cultivares. Selvíria-MS, 2013/14..... | 49  |
| <b>Figura 5 -</b>  | Quantidade de água acumulada da irrigação, chuva e total na cultura do arroz de terras altas em função da variação hídrica e cultivares. Selvíria-MS, 2014/15..... | 50  |
| <b>Figura 6 -</b>  | Semeadura do arroz em 2013 (esquerda) e 2014 (direita).....  | 144 |
| <b>Figura 7 -</b>  | Emergência de plântulas de arroz em 2013 (esquerda) e 2014 (direita).....  | 144 |
| <b>Figura 8 -</b>  | Fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura.....   | 144 |
| <b>Figura 9 -</b>  | Adubação de cobertura.....   | 145 |
| <b>Figura 10 -</b> | Plantas de arroz em condições de sequeiro em 2014 após 16 dias de seca.....  | 145 |
| <b>Figura 11 -</b> | Plantas de arroz em condições de sequeiro em 2015 após 14 dias de seca.....  | 145 |
| <b>Figura 12 -</b> | Panículas brancas ocasionadas pelo período de alta temperatura em 2014.....  | 146 |
| <b>Figura 13 -</b> | Sistema de irrigação por aspersão.....   | 146 |
| <b>Figura 14 -</b> | Diferença de coloração entre IAC 202 (folha verde normal e mais decumbente, a esquerda) e BRS Esmeralda (folha verde escura e mais ereta, a direita).....          | 146 |

## LISTA DE TABELAS

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Tabela 1 -</b>  | Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,20 m. Selvíria, MS, 2013 e 2014.....  | 34 |
| <b>Tabela 2 -</b>  | Tensão de água e teor de umidade volumétrica do solo da área experimental. Selvíria-MS.....   | 35 |
| <b>Tabela 3 -</b>  | Coeficientes de cultura (Kc) para o cálculo de reposição de água nas diversas fases de desenvolvimento da cultura de arroz de terras altas.....   | 41 |
| <b>Tabela 4 -</b>  | Datas e dias após a emergência que ocorreram o florescimento e a maturação do arroz de terras altas em função da variação hídrica e cultivares na safra de 2013/14. Selvíria-MS.....                                  | 49 |
| <b>Tabela 5 -</b>  | Datas e dias após a emergência que ocorreram o florescimento e a maturação do arroz de terras altas em função da variação hídrica e cultivares na safra de 2014/15. Selvíria-MS.....                                  | 50 |
| <b>Tabela 6 -</b>  | Teor de nitrogênio foliar (N Foliar), teor de enxofre foliar (S foliar) e matéria seca de plantas (MS) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15..... | 53 |
| <b>Tabela 7 -</b>  | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para o teor de enxofre foliar em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....  | 55 |
| <b>Tabela 8 -</b>  | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para o teor de enxofre foliar em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 55 |
| <b>Tabela 9 -</b>  | Desdobramento da interação significativa entre cultivares e fontes de nitrogênio para massa seca de plantas de arroz em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 57 |
| <b>Tabela 10 -</b> | Teor de nitrogênio na planta (N planta) e quantidade de nitrogênio acumulado na planta (Nacum.) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15.....        | 59 |
| <b>Tabela 11 -</b> | Altura (ALT), acamamento (ACAM) e panículas por m <sup>2</sup> (PAN) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio em arroz de terras altas. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15.....          | 61 |

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Tabela 12 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para altura de plantas em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....   | 62 |
| <b>Tabela 13 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para altura de plantas em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....   | 64 |
| <b>Tabela 14 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para acamamento de plantas em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....   | 66 |
| <b>Tabela 15 -</b> | Espiguetas totais por panícula (ETP), espiguetas cheias por panícula (ECP) e espiguetas vazias por panícula (EVP) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio em arroz de terras altas. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15..... | 68 |
| <b>Tabela 16 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas totais por panícula em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....  | 69 |
| <b>Tabela 17 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para espiguetas totais por panícula em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....  | 71 |
| <b>Tabela 18 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre cultivares e fontes de nitrogênio para espiguetas totais por panícula em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....  | 72 |
| <b>Tabela 19 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas totais por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 73 |
| <b>Tabela 20 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para espiguetas totais por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 74 |
| <b>Tabela 21 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas cheias por panícula em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....  | 75 |
| <b>Tabela 22 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas cheias por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 75 |
| <b>Tabela 23 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas vazias por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 78 |

|                    |   |     |
|--------------------|---|-----|
| <b>Tabela 24 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para espiguetas vazias por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 79  |
| <b>Tabela 25 -</b> | Fertilidade de espiguetas (FERT), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio em arroz de terras altas. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15..... | 80  |
| <b>Tabela 26 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para fertilidade de espiguetas em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....   | 81  |
| <b>Tabela 27 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para massa de cem grãos em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 84  |
| <b>Tabela 28 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para produtividade de grãos em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....  | 85  |
| <b>Tabela 29 -</b> | Rendimento de benefício, de grãos inteiros e grãos quebrados em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio em arroz de terras altas. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15.....                                | 94  |
| <b>Tabela 30 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de benefício de grãos em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....  | 95  |
| <b>Tabela 31 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de benefício de grãos em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 96  |
| <b>Tabela 32 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de inteiros em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....  | 97  |
| <b>Tabela 33 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de inteiros em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.....  | 99  |
| <b>Tabela 34 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de grãos quebrados em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.....   | 100 |
| <b>Tabela 35 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de grãos quebrados em 2014/14. Selvíria-MS, 2014/15.....   | 100 |

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <b>Tabela 36 -</b> | Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15..... | 102 |
| <b>Tabela 37 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para índice de velocidade de germinação em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.....   | 103 |
| <b>Tabela 38 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para índice de velocidade de germinação em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.....   | 104 |
| <b>Tabela 39 -</b> | Primeira contagem de germinação (PC) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.....     | 105 |
| <b>Tabela 40 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para primeira contagem em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2015.....                          | 106 |
| <b>Tabela 41 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para primeira contagem de germinação em 2013/14 de sementes de arroz cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.....                      | 107 |
| <b>Tabela 42 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para primeira contagem de germinação em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.....      | 108 |
| <b>Tabela 43 -</b> | Germinação (G) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.....                           | 109 |
| <b>Tabela 44 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para germinação em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.....                           | 110 |
| <b>Tabela 45 -</b> | Grau de umidade (GU) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.....                     | 111 |
| <b>Tabela 46 -</b> | Condutividade elétrica (CE) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.....              | 112 |

|                    |   |     |
|--------------------|---|-----|
| <b>Tabela 47 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para condutividade elétrica em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2014.....          | 113 |
| <b>Tabela 48 -</b> | Comprimento de plântulas (CP) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15..... | 115 |
| <b>Tabela 49 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para comprimento de plântula em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2015.....         | 116 |
| <b>Tabela 50 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para comprimento de plântula em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.....   | 116 |
| <b>Tabela 51 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para comprimento de plântula em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.....   | 117 |
| <b>Tabela 52 -</b> | Massa seca de plântula (MS) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.....   | 118 |
| <b>Tabela 53 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para massa seca de plântula em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.....    | 119 |
| <b>Tabela 54 -</b> | Envelhecimento acelerado (EA) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15..... | 120 |
| <b>Tabela 55 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para envelhecimento acelerado em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2014.....        | 121 |
| <b>Tabela 56 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para envelhecimento acelerado em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2015.....        | 122 |
| <b>Tabela 57 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para envelhecimento acelerado em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.....  | 123 |
| <b>Tabela 58 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para envelhecimento acelerado em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.....  | 123 |

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <b>Tabela 59 -</b> | Teste de frio (TF) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15..... | 124 |
| <b>Tabela 60 -</b> | Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para teste de frio em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.....  | 125 |

## SUMÁRIO

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>2</b>     | <b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>   | <b>18</b> |
| 2.1          | IMPORTÂNCIA DO ARROZ .....  | 18        |
| 2.2          | ARROZ DE TERRAS ALTAS .....   | 19        |
| 2.3          | IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR.....  | 21        |
| 2.4          | CULTIVARES DE ARROZ .....   | 23        |
| 2.5          | NITROGÊNIO EM ARROZ.....  | 24        |
| 2.6          | FONTES DE NITROGÊNIO .....  | 25        |
| 2.7          | INTERAÇÃO ÁGUA, NITROGÊNIO E CULTIVAR .....   | 27        |
| 2.8          | QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....   | 30        |
| <b>3</b>     | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>   | <b>34</b> |
| 3.1          | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....   | 34        |
| 3.2          | CLIMA .....   | 35        |
| 3.3          | TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....  | 37        |
| 3.4          | DESCRIÇÃO DOS CULTIVARES UTILIZADOS.....  | 37        |
| <b>3.4.1</b> | <b>IAC 202.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>3.4.2</b> | <b>BRS Esmeralda .....</b>  | <b>38</b> |
| 3.5          | INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....  | 39        |
| 3.6          | IRRIGAÇÃO.....  | 40        |
| 3.7          | AVALIAÇÕES.....   | 42        |
| <b>3.7.1</b> | <b>Desenvolvimento, teor de nitrogênio, componentes de produção, produtividade e<br/>qualidade industrial .....</b> | <b>42</b> |
| <b>3.7.2</b> | <b>Qualidade fisiológica de sementes .....</b>  | <b>44</b> |
| 3.8          | ANÁLISE ESTATÍSTICA.....  | 47        |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>48</b> |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.1   | DESENVOLVIMENTO, TEOR DE NITROGÊNIO, COMPONENTES DE PRODUÇÃO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS ..... | 48  |
| 4.1.1 | Clima, irrigação, emergência, florescimento e maturação .....   | 48  |
| 4.1.2 | Teor de N foliar, teor de S foliar, massa seca da planta, teor de N na planta e quantidade de N acumulado.....    | 52  |
| 4.1.3 | Altura, acamamento e número de panículas.....   | 60  |
| 4.1.4 | Espiguetas totais, cheias e vazias por panícula .....   | 68  |
| 4.1.5 | Fertilidade de espiguetas, massa de cem grãos e produtividade .....   | 79  |
| 4.1.6 | Rendimento de benefício, grãos inteiros e quebrados .....   | 92  |
| 4.2.  | QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....   | 100 |
| 4.2.1 | Índice de velocidade de germinação .....  | 101 |
| 4.2.2 | Primeira contagem de germinação .....   | 104 |
| 4.2.3 | Germinação .....  | 108 |
| 4.2.4 | Grau de umidade .....   | 110 |
| 4.2.5 | Condutividade elétrica .....  | 111 |
| 4.2.6 | Comprimento de plântula .....   | 114 |
| 4.2.7 | Massa seca de plântula .....  | 117 |
| 4.2.8 | Envelhecimento acelerado .....  | 120 |
| 4.2.9 | Teste de frio.....  | 124 |
| 5     | CONCLUSÕES.....   | 127 |
|       | REFERÊNCIAS .....   | 128 |
|       | APÊNDICE – FOTOS DO EXPERIMENTO.....  | 143 |

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda de arroz (*Oryza sativa* L.) no mundo tem aumentado continuamente com a população humana crescente (INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE– IRRI; AFRICA RICE CENTER– AFRICARICE; CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL- CIAT, 2010; KATIC et al., 2013). No entanto, nas últimas décadas o aumento mundial do volume de arroz produzido não tem sido suficiente para compensar o crescimento do consumo (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), devido principalmente a indisponibilidade de área adicional para o cultivo em muitos países que cultivam o arroz, especialmente os asiáticos e também na região subtropical do Brasil, em função da redução na disponibilidade de água para irrigação (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006; LAFITTE et al., 2006), da competição pela demanda de água pelas indústrias e uso doméstico (HEINEMANN; STONE, 2009; GRISP, 2013) e em alguns países as leis ambientais rigorosas que protegem o ecossistema de zonas úmidas, considerados como áreas de conservação (GUIMARÃES et al., 2013). Sendo assim, o desafio atual, é aumentar a produtividade de modo sustentável e com reduzido impacto ambiental (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), tornando cada vez mais evidente a dependência da produção de arroz de ecossistemas aeróbios, que muitas vezes têm limitações climáticas (GUIMARÃES et al., 2013). Dessa forma, há um aumento de interesse nos sistemas de produção de arroz de terras altas, predominantes no Centro-Oeste do Brasil (HEINEMANN; STONE, 2009).

Uma parte importante do arroz no Brasil é cultivado no ecossistema de terras altas, sem irrigação, mesmo essa cultura apresentando alta suscetibilidade ao estresse hídrico. A área ocupada com arroz de terras altas em 2010 foi de aproximadamente 49% da área total cultivada com arroz no Brasil, entretanto, foi responsável por apenas 21% da produção total (FERREIRA; SANTIAGO, 2012; GLOBAL RICE SCIENCE PARTNERSHIP- GRISP, 2013), devido à produtividade média alcançada nesse sistema de 1.824 kg ha<sup>-1</sup>, ser três vezes menor que a obtida em condições de irrigação por inundação (FERREIRA; SANTIAGO, 2012).

A baixa produtividade do arroz de terras altas se deve principalmente pelo fato da grande parte das lavouras de sequeiro estar localizada em regiões em que é comum a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação das chuvas (CRUSCIOL et al., 2003a; CRUSCIOL et al., 2003b; RODRIGUES, SORATTO; ARF, 2004; GUIMARÃES et al., 2011; MAUAD; CRUSCIOL; GRASSI FILHO, 2011; CERQUEIRA et al., 2013; VELA et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2016). No entanto, esses problemas podem ser minimizados com o uso da irrigação suplementar por aspersão. A irrigação por aspersão na cultura de arroz de terras

altas apresenta diversas vantagens: contribui para a estabilidade da produção, propicia maiores produtividades e melhor qualidade do produto. Além de ser possível utilizar a irrigação para outras culturas nas safras subsequentes (STONE; SILVEIRA, 2004).

O desenvolvimento de cultivares tolerantes à seca também pode ser uma solução ao déficit hídrico proporcionado pela distribuição irregular das chuvas (GUIMARÃES et al., 2016), aliado também ao potencial produtivo, pois de acordo com Lafitte et al. (2006), o maior desafio para os melhoristas de plantas é combinar o alto potencial de produtividade dos cultivares de arroz modernos com forte tolerância a seca. O Instituto Agrônomo, visando estimular ainda mais os orizicultores do sistema de sequeiro desenvolveu o cultivar IAC 202 por meio de seu programa de melhoramento de arroz, sendo mais produtivo e de ótima qualidade industrial e culinária (BASTOS, 2000). Recentemente foi lançado pela Embrapa o cultivar BRS Esmeralda, tolerante ao déficit hídrico e com alto potencial produtivo.

Além da disponibilidade hídrica e cultivares, os nutrientes também interferem na cultura do arroz, sendo que dentre eles, o nitrogênio (N) é um dos mais limitantes da produtividade para a produção de arroz na região do Cerrado do Brasil (FAGERIA et al, 2014). A crescente utilização de cultivares de alto potencial produtivo tem implicado no uso mais frequente de insumos, entre os quais o N (BUZETTI et al., 2006).

O N é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo. Como decorrência disto, a eficiência de sua utilização pelas plantas é baixa, de 50 a 60% (KLUTHCOUSKI et al., 2006). A utilização de fontes de N pode aumentar significativamente a eficiência do uso dos fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, a produtividade de culturas anuais, como o arroz (FAGERIA; SLATON; BALIGAR, 2003).

O sulfato de amônio e a ureia são duas principais fontes de N para as culturas anuais no Brasil (FAGERIA et al., 2014). Dados relacionados ao uso de sulfato de amônio e ureia na produção de arroz de terras altas são limitados, especialmente para cultivares de arroz recém-lançados em condições brasileiras (FAGERIA; MOREIRA; COELHO, 2011).

Uma alternativa para aumentar a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados é o uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada para evitar a rápida transformação do N contido no fertilizante em formas menos estáveis no ambiente (CANTARELLA, 2007). Dentre eles está a ureia revestida com polímeros. Entretanto, são poucos os estudos com fontes de N no arroz de terras altas, o que é importante, pois os fertilizantes apresentam comportamento diferenciado quando aplicados ao solo, uma vez que de acordo com Fageria e Wilcox (1977), a resposta de arroz ao N varia largamente com o tipo de planta, clima, manejo de água e propriedades do solo.

Além da variação hídrica, cultivares e fontes de N interferirem na produtividade do arroz de terras altas, podem também influenciar a qualidade das sementes produzidas. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), a qualidade fisiológica de sementes é influenciada por diversos fatores durante a produção, os principais são: condições climáticas (temperatura e água), nutrientes e intensidade luminosa, sendo que dentre os nutrientes, o nitrogênio tem ação mais visível e pronunciada (MARCOS FILHO, 2015).

Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da variação hídrica e fontes de N em cultivares de arroz de terras altas sobre o teor de N foliar, desempenho agrônômico, produtividade, qualidade industrial e qualidade fisiológica de sementes produzidas, em condições de Cerrado brasileiro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 IMPORTÂNCIA DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos alimentos mais antigos produzidos pelo homem, sendo impossível determinar com exatidão a época que iniciou o seu cultivo (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

Sendo o segundo cereal mais produzido no mundo, superado apenas pelo milho (FAO, 2013), o arroz é uma das fontes alimentícias mais importantes para mais da metade da população mundial, atendendo cerca de 21% das necessidades diárias em calorias (FERREIRA; VILLAR, 2004; IRRI; AFRICARICE; CIAT, 2010) e 14% em proteínas. É produzido nos cinco continentes, em aproximadamente 116 países, tanto em regiões tropicais como temperadas (FERREIRA; VILLAR, 2004). Para os brasileiros, o arroz é o principal produto da cesta básica, fornecendo além de proteínas, sais minerais e vitaminas do complexo B (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

O arroz é um alimento energético de vital importância, gerando força e energia para o corpo humano desempenhar todas as suas funções. Apresenta em sua composição, um pouco mais de  $\frac{3}{4}$  de amido, 7% de proteína, 12% de água e, em menor quantidade, celulose, matéria graxa, cloreto de potássio, magnésio, manganês, sais de cálcio, sais de potássio, enxofre, óxido de ferro, cloro, ácido fosfórico e demais vitaminas (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

A maioria da produção de arroz vem de países em desenvolvimento na Ásia, África e América Latina (DIXIT; SINGH; KUMAR, 2014). Na região da América Latina e Caribe, o Brasil é o maior produtor, e é responsável por quase metade (45% em 2006-10) da produção de arroz (GRISP, 2013).

A cultura do arroz apresenta vasta adaptabilidade a diversas condições de clima e solo, e é a espécie com maior potencial de aumento de produção e, provavelmente, de combate à fome no mundo (SANTOS; RABELO, 2008).

Mais de 90% da produção de arroz do mundo é colhida dos campos de arroz inundado, sendo irrigado ou sem irrigação. Arroz de terras altas de sequeiro contribui com cerca de 4% da produção total de arroz do mundo (GRISP, 2013).

No cenário mundial o Brasil é o 9º maior produtor de arroz, com destaque para os países asiáticos, sendo China, Índia e Indonésia os três maiores produtores (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION- FAO, 2013). Cerca de 90% de todo o arroz do mundo é

cultivado na Ásia em mais de 250 milhões de pequenas propriedades, no sistema irrigado (SANTOS; RABELO, 2008).

A Ásia apresenta o maior consumo mundial de arroz (88,95%), seguida pelas Américas (4,94%), África (4,91%), Europa (1,03%) e Oceania (0,16%), sendo que os países em desenvolvimento são responsáveis por 95,2% do consumo mundial e por 95,9% da produção (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 2007).

O maior estado produtor do Brasil é o Rio Grande do Sul com 1,08 milhões de hectares, representando 53,2% da área nacional, respondendo ainda por 69,8% da produção brasileira, em que predomina o sistema de cultivo inundado (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2016).

O crescimento da população tem acarretado aumento na demanda de arroz em proporções não compatíveis com o crescimento da produção, ou seja, a produção mundial de arroz não tem acompanhado o aumento do consumo. A produção mundial aumentou, nos últimos seis anos, aproximadamente 1,09% ao ano, enquanto a população cresceu 1,32% e o consumo 1,27%. Assim, para atender a demanda, deverão ser acrescentados ao mercado mundial em torno de dez milhões de toneladas por ano (SANTOS; RABELO, 2008).

O fato do aumento mundial do volume de arroz produzido não ter sido suficiente para compensar o crescimento do consumo, se deve, principalmente, a redução das áreas semeadas, em razão da redução da disponibilidade de água para irrigação e de novas áreas de cultivo, especialmente nos países asiáticos (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Entretanto, a América Latina tem aumentado sua produção em 4,34% ao ano e a produtividade de grãos em 3,22%. Possuindo 12% das terras agrícolas do mundo e 13,2% dos recursos renováveis de água, a América Latina poderá no futuro, tornar-se grande fornecedora desse cereal (SANTOS; RABELO, 2008).

## 2.2 ARROZ DE TERRAS ALTAS

A produção nacional de arroz é oriunda de dois sistemas de produção: sistema de produção de arroz irrigado e sistema de produção de arroz de terras altas (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Cada sistema apresenta características peculiares.

O cultivo do arroz irrigado, por submersão do solo, necessita de aproximadamente 2.000 L (2 m<sup>3</sup>) de água para produzir 1 kg de grãos com casca, sendo uma das culturas mais exigentes em água (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 2005; FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). A manutenção de uma lâmina de água sobre a

superfície do solo traz uma série de vantagens para as plantas de arroz (EMBRAPA, 2005). Entretanto, a área disponível para aumento da produção em sistema de irrigação por submersão é limitada principalmente em função do alto impacto no meio ambiente e problemas sociais, como a competição pela demanda de água pelas indústrias e uso doméstico. Dessa forma, há um aumento de interesse nos sistemas de produção de arroz de terras altas, predominantes no Centro-Oeste do Brasil (HEINEMANN; STONE, 2009).

A opção que atualmente vem sendo muito observada em diversas partes do mundo é a produção de arroz em sistema de terras altas, esse sistema apresenta ótimo potencial para produção de arroz com economia de água (PORTUGAL et al., 2015a).

O arroz de terras altas é cultivado no período chuvoso de outubro a abril, e caracteriza-se por ser semeado fora das várzeas e por ter suas necessidades hídricas atendidas pela precipitação pluvial ou, de forma suplementar, pela irrigação por aspersão (COBUCCI; RABELO; SILVA, 2001).

Em passado recente, o arroz de terras altas era recomendado para as condições de sequeiro e basicamente utilizado em aberturas de áreas. Por se adaptar aos solos ácidos, também vinha sendo cultivado em solos degradados e na recuperação de pastagens. Ultimamente, a pesquisa tem indicado boa capacidade de adaptação a solos corrigidos, podendo ser usado em rotação com outras culturas (COBUCCI; RABELO; SILVA, 2001).

Uma importante parte do arroz no Brasil é cultivada no ecossistema de terras altas, sem irrigação, mesmo essa cultura apresentando alta suscetibilidade ao estresse hídrico. A área ocupada com arroz de terras altas em 2010 foi de aproximadamente 49% da área total cultivada com arroz no Brasil, entretanto, foi responsável por apenas 21% da produção total, devido à produtividade média alcançada nesse sistema de  $1.824 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo três vezes menor que a obtida em condições de irrigação por inundação. No entanto, o arroz de terras altas possui papel importante para garantia do abastecimento nacional, além de constituir uma alternativa para atender demandas internacionais (FERREIRA; SANTIAGO, 2012).

De acordo com Alvarez et al. (2005), a baixa produtividade nesse sistema ocorre em decorrência da má distribuição pluvial nas principais regiões produtoras e do baixo uso de adubos e corretivos. Observa-se, portanto, que a água tem grande influência na produtividade do arroz.

Dessa maneira, sabendo que a agricultura é responsável por aproximadamente 70% do uso da água no mundo (QUAGLIA et al., 2004; FAO, 2009), e que o arroz irrigado é uma das culturas que mais utiliza água, há a necessidade de adotar estratégias para minimizar o seu uso. Dentre as estratégias, está o cultivo de arroz em terras altas, que apesar de obter produtividade

menor do que a do arroz irrigado, tem grande potencial para elevação de produtividade por meio de tecnologias como irrigação suplementar por aspersão, adubação e melhoramento genético com cultivares mais tolerantes a déficits hídricos. De acordo com Sartori et al. (2013), no cenário em que há a preocupação com a produção de alimentos e a crise mundial da água, elevar a eficiência de uso de água é uma meta de grande importância para a sustentabilidade da produção de arroz.

### 2.3 IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

Na região dos Cerrados, o arroz, por sua rusticidade e tolerância a acidez, foi utilizado como elemento de abertura de áreas para implantação de pastagens melhoradas e outras culturas como o milho e a soja, sendo que nessas condições, a deficiência hídrica era o principal fator limitante a produção (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

A instabilidade climática durante o período de cultivo e a ocorrência de doenças (brusone) e insetos-pragas iniciais afetam de forma marcante o arroz de terras altas e levaram a atribuir o rótulo de “cultura de alto risco” (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), sendo a água o fator mais limitante na região de Cerrado do Brasil, em que o principal problema é a variação na quantidade e distribuição da chuva para um dado local e de ano para ano (FAGERIA, 1984).

A deficiência hídrica apresenta diversos efeitos no arroz, como reduções na altura das plantas, área foliar e produção de biomassa, aborto de perfilhos, mudanças na massa seca das raízes e na profundidade de enraizamento e atraso no desenvolvimento reprodutivo (GUIMARÃES et al., 2011). A deficiência hídrica também reduz a produtividade, mas esta redução depende do estágio de crescimento em que ocorre a severidade e a duração da deficiência (FAGERIA, 1984).

O arroz é mais sensível ao estresse hídrico no período de 15 a 20 dias antes da floração e até 20 a 25 dias após (STONE et al., 2001). A ocorrência de estiagens no florescimento e, especialmente, na meiose da célula mãe do grão de pólen, pode causar até a perda total da lavoura (CRUSCIOL et al., 2003a).

Os frequentes períodos de estresse hídrico a que a planta de arroz em condições de sequeiro é submetida durante o ciclo, provocam inferior qualidade de grão em relação ao arroz irrigado. Déficit hídrico durante as fases de emissão da panícula e enchimento de grãos aumenta de forma significativa a porcentagem de espiguetas vazias e de grãos gessados. A formação

inadequada dos grãos e a presença de grãos gessados propiciam a ocorrência de maior porcentagem de grãos quebrados (STONE; SILVEIRA, 2004).

Em experimento desenvolvido por Heinemann e Stone (2009), a deficiência hídrica reduziu a produtividade de grãos devido a diminuição no número de panículas e de grãos por panícula e ao aumento da esterilidade de espiguetas. Crusciol et al. (2001) relataram que a menor disponibilidade hídrica reduziu a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes de arroz.

Os sintomas mais comuns de deficiência hídrica são o enrolamento da folha, secamento das pontas das folhas, diminuição do perfilhamento e crescimento da planta, atraso da floração, aumento da esterilidade e redução do peso dos grãos (FAGERIA, 1984).

A baixa produtividade do arroz de terras altas se deve principalmente pela grande parte das lavouras sem irrigação estar localizada em regiões que é comum a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação das chuvas (RODRIGUES; SORATTO; ARF, 2004). O arroz apresenta alta suscetibilidade ao estresse hídrico e alta demanda evapotranspirativa. No entanto, esses problemas podem ser minimizados com o uso da irrigação suplementar por aspersão (STONE; SILVEIRA, 2004).

A irrigação por aspersão na cultura do arroz de terras altas é realizada para suplementar a quantidade de água fornecida pelas chuvas quando esta não for suficiente para atender a necessidade hídrica das plantas (STONE; MOREIRA, 2013). Assim, a planta de arroz não fica sujeita a estresses hídricos e, como resultado, o processo de enchimento dos grãos não sofre descontinuidade. Conseqüentemente, o número de grãos por panícula e a massa dos grãos são maiores e o número de espiguetas vazias é menor (STONE; SILVEIRA, 2004).

A necessidade de água total para o cultivo do arroz de terras altas varia de cerca de 600 a 700 mm. Considerando somente a irrigação suplementar, as quantidades de água aplicadas podem variar de 524 a 200 mm por ciclo, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, em função do regime de chuvas (STONE; MOREIRA, 2005; FORNASIERI FILHO, FORNASIERI, 2006).

A irrigação por aspersão na cultura de arroz de terras altas apresenta diversas vantagens: contribui para a estabilidade da produção, propicia maiores produtividades e melhor qualidade do produto. Além de ser possível utilizar a irrigação para outras culturas nas safras subsequentes (STONE; SIQUEIRA 2004). Este sistema também proporciona segurança para aplicação de investimentos e insumos (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), portanto estimula o uso de práticas de maior nível tecnológico, e conseqüentemente, aumento na produtividade (ARF et al., 2001). Mesmo quando são utilizados cultivares com maior tolerância a deficiência

de água, o sistema de irrigação por aspersão pode ser uma técnica alternativa para aumentar a produção de arroz de terras altas na maior parte do cerrado brasileiro (CRUSCIOL et al., 2006).

Em experimento realizado por Crusciol et al. (2003d), o sistema de irrigação por aspersão, independentemente da lâmina de água aplicada, proporcionou maior produtividade de grãos do arroz IAC 201 e exportação de nutrientes.

A irrigação suplementar, no período seco e de estiagens durante o período chuvoso, é a melhor forma de se prevenir contra a falta de chuvas. A segunda maneira é semear e colher o arroz no tempo certo, com base na probabilidade estatística de ocorrência de chuvas, realizada por meio do estudo das probabilidades de ocorrência de chuvas baseado em dados de longo período. O terceiro lugar, é necessário melhorar as cultivares de arroz para a tolerância à seca (FAGERIA, 1984).

## 2.4 CULTIVARES DE ARROZ

Os cultivares de arroz cultivados no Brasil são da espécie *Oryza sativa* (L.), que tem sua origem no continente asiático (CASTRO; CASTRO; MORAIS, 2013).

A escolha do cultivar é determinante para o sucesso das lavouras de arroz, influenciando todo o manejo a ser adotado. Novos cultivares de arroz são desenvolvidos pela Embrapa, que realiza um programa contínuo de melhoramento genético, visando incorporar características que levam a maior produtividade, com alta qualidade e a um menor custo (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998).

O Instituto Agrônomo, visando estimular ainda mais os orizicultores do sistema de sequeiro para nova realidade, por meio de seu programa de melhoramento de arroz desenvolveu o cultivar IAC 202, mais produtivo, de ótima qualidade industrial e culinária, para tornar a lavoura mais lucrativa e competitiva (BASTOS, 2000).

O cultivar IAC 202, apresenta arquitetura moderna e porte relativamente baixo. A altura média é de 87 cm, sendo considerado de porte baixo e intermediário. O ciclo médio é de 87 dias e tem apresentado baixa incidência de manchas foliares (BASTOS, 2000).

O programa de melhoramento da Embrapa tem como um dos principais objetivos a tolerância a seca, desenvolvendo pesquisas específicas com arroz de terras altas desde 2004 (CASTRO; CASTRO; MORAIS, 2013).

Vários genótipos com adaptação a seca já foram selecionados, sendo o cultivar BRS Esmeralda, a primeira variedade de arroz de terras altas da Embrapa com maior tolerância ao déficit hídrico (CASTRO; CASTRO; MORAIS, 2013).

O cultivar BRS Esmeralda se destaca pela alta produtividade e qualidade de grãos, apresenta potencial produtivo de 7.525 kg ha<sup>-1</sup>. É moderadamente resistente às principais doenças e possui uma maior tolerância ao estresse hídrico e bom *Stay Green*. Os colmos são fortes e flexíveis, o que diminui o risco de acamamento (EMBRAPA, 2013).

## 2.5 NITROGÊNIO EM ARROZ

O N é o segundo nutriente mais absorvido pelo arroz, estando atrás apenas do potássio (STONE et al., 2001; FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006; BARBOSA FILHO; FAGERIA, 2013), o mais exportado pelo produto colhido (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006) e um dos mais limitantes da produtividade para a produção de arroz na região do Cerrado do Brasil (FAGERIA et al., 2014).

O N é componente da clorofila e apresenta efeitos na fisiologia das plantas, como o aumento do número de perfilhos, número de panículas, número de grãos e tamanho dos grãos, que refletem no aumento de produtividade (FAGERIA, 1984; MEIRA et al., 2005). Além disso, é componente das moléculas de aminoácidos essenciais formadores de proteínas, aumentando diretamente o teor de proteína nos grãos (BARBOSA FILHO; FAGERIA, 2013).

O arroz absorve N durante todo o seu ciclo, porém, há duas fases fisiológicas críticas: o perfilhamento e o início do primórdio floral. Recomenda-se uma aplicação na base, 10 a 30 kg ha<sup>-1</sup>, por ocasião da semeadura, e uma aplicação, 20 a 70 kg ha<sup>-1</sup>, em cobertura no perfilhamento das plantas (EMBRAPA, 2007; FERREIRA; SANTIAGO, 2012).

O consumo de N começa lentamente a partir da emergência, atingindo intensidade máxima no florescimento, momento em que a planta absorve mais de 75% do N total (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Na fase vegetativa, o arroz necessita de N para aumentar o número de perfilhos e, conseqüentemente, o número de panículas. Na fase reprodutiva, o N aumenta o número de espiguetas por panícula. Na maturação, o N também é importante, principalmente para manter as folhas verdes para o processo de fotossíntese e assim aumentar a porcentagem de grãos cheios (FAGERIA, 1984).

A adubação nitrogenada de cobertura em arroz de terras altas propicia bons resultados sempre que a produtividade da lavoura esteja sendo limitada pelo suprimento de N, onde a lavoura apresentará coloração amarelada e o desenvolvimento das plantas estará retardado. A elevada pluviosidade e solos arenosos acentuam a necessidade de realizar a adubação de cobertura (FAGERIA, 1998). Além disso, a crescente utilização de cultivares de alto potencial

produtivo tem implicado no uso mais frequente de insumos, entre os quais o N (BUZETTI et al., 2006).

## 2.6 FONTES DE NITROGÊNIO

A adubação nitrogenada de cobertura é importante para o desenvolvimento do arroz. No entanto, o sucesso dessa prática depende da eficiência do adubo nitrogenado, do estágio de desenvolvimento e da capacidade do arroz absorver nitrogênio (BARBOSA FILHO; FAGERIA, 2013).

O N é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo. Como decorrência disto, a eficiência de sua utilização pelas plantas é baixa, de 50 a 60% (KLUTHCOUSKI et al., 2006). A utilização de fontes de N pode aumentar significativamente a eficiência do uso dos fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, a produtividade de culturas anuais, como o arroz (FAGERIA; SLATON; BALIGAR, 2003).

O sulfato de amônio e a ureia são duas principais fontes de N para as culturas anuais no Brasil (FAGERIA et al., 2014). De acordo com Cantarella (2007), a ureia contém de 44 a 46% de nitrogênio, na forma amídica, a qual é hidrolisada rapidamente no solo a amônio pela ação da enzima urease. Apresenta como vantagens o elevado teor de nitrogênio e preço mais baixo (RAIJ, 2011) e como desvantagem a possibilidade de perda de N por volatilização de amônia. O sulfato de amônio por sua vez, contém 21% de N, apresenta maior preço por unidade de N do que a ureia (CANTARELLA, 2007), baixa higroscopicidade, excelentes propriedades físicas, alto teor de enxofre, elevado poder de acidificação (RAIJ, 2011) e menor perda por volatilização que a ureia (FAGERIA, 1998). Dados relacionados ao uso de sulfato de amônio e ureia na produção de arroz de terras altas são limitados, especialmente para cultivares de arroz recém-lançados em condições brasileiras (FAGERIA; MOREIRA; COELHO, 2011).

Uma alternativa para aumentar a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados é o uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada para evitar a rápida transformação do N contido no fertilizante em formas menos estáveis no ambiente (CANTARELLA, 2007). Esses fertilizantes liberam os nutrientes no ambiente de forma mais ou menos controlada e lenta, por meio do uso de materiais que liberam gradualmente os nutrientes e/ou retardam as perdas de nitrogênio. A sua atuação no solo se assemelha teoricamente ao parcelamento da adubação, inibindo as perdas de nitrogênio por lixiviação, desnitrificação e volatilização. Além de evitar o consumo de luxo e a ação inibidora sobre a germinação quando aplicados em grandes quantidades. Dentre estes fertilizantes, encontram-se

os fertilizantes de liberação controlada por revestimento (GUERRERO, 2003), como a ureia revestida com polímeros.

Os fertilizantes nitrogenados revestidos por polímeros permitem reduzir as perdas de N por meio de uma barreira física das formas solúveis, contra a exposição do nutriente para o meio, evitando-se, dessa forma, a atuação dos mecanismos de perdas (CIVARDI et al., 2011). Em trabalho desenvolvido por Cancellier et al. (2016) a ureia revestida por enxofre e polímeros resultou em uma redução de 37% na volatilização de amônia quando comparada a ureia convencional. Entretanto, são poucos os estudos com fontes de N no arroz de terras altas, o que é importante, pois os fertilizantes apresentam comportamento diferenciado quando aplicados ao solo.

Trabalhos que relatam o uso de ureia revestida em diferentes culturas como o milho, trigo e feijão são encontrados na literatura. Valderrama et al. (2014), avaliando quatro fontes de ureia na cultura do milho, sendo uma convencional e três revestidas por polímeros em diferentes composições e concentrações, concluíram que as ureias revestidas não são eficientes nas condições edafoclimáticas de Cerrado de baixa altitude (Selvíria-MS), pois proporcionam resultados semelhantes à ureia convencional para o teor de nitrogênio foliar, índice de clorofila foliar, altura de plantas, diâmetro do segundo internódio, altura de inserção da primeira espiga, componentes de produção e a produtividade de grãos de milho, tanto no cultivo safra como na safrinha. Maestrello et al. (2014) também não verificaram diferenças entre a ureia convencional e a ureia revestida por polímero para as características agrônômicas e produtividade de milho irrigado em Selvíria-MS. Por outro lado, Martins (2013) observou que em período de baixa precipitação pluviométrica a ureia revestida com polímero proporciona maior produtividade do milho em relação a ureia comum, enquanto que quando aplicada em período chuvoso, a ureia revestida tem o mesmo resultado que a ureia comum.

Frazão et al. (2014), ao analisar o efeito de fontes nitrogenadas (ureia comum, ureia tratada com o inibidor de urease e ureia revestida com polímeros Kimcoat®) nas doses de 32,5; 65; 130 e 260 kg ha<sup>-1</sup> de N na cultura do milho em Goiânia-GO, concluíram que o revestimento da ureia com camadas de polímeros ou o tratamento com inibidor de urease a partir da dose de 65 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou maior teor de N na folha e maiores produtividades de grãos. Zanão Júnior et al. (2011) observaram maior produtividade do milho com a aplicação da ureia revestida com polímero Policote® em relação a ureia comum em Ponta Grossa-PR.

Na cultura do trigo, Prando et al. (2013) avaliando as fontes de N (ureia, ureia + inibidor de urease (NBPT) e ureia revestida com polímeros), não observaram efeito sobre o desempenho produtivo do cultivar BRS Pardela cultivada após a soja.

Bernardes et al. (2015), estudando o efeito de fontes de nitrogênio na cultura do feijoeiro comum irrigado em Santo Antônio de Goiás-GO, relataram que a utilização da ureia revestida com polímero e ureia com inibidor de urease não proporcionaram aumento do número de grãos por vagem, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade em comparação as fontes tradicionais de N (ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio). De forma semelhante, Valderrama et al. (2009) também verificaram que as fontes de N (ureia e ureia revestida com polímero) não diferiram entre si, quanto ao número de vagens por planta, grãos por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijoeiro irrigado cultivado no inverno, na região de Selvíria-MS.

Dessa forma, nota-se que os resultados não são conclusivos, variando conforme as condições locais e culturas, havendo a necessidade de se conduzir estudos com outras culturas como o arroz de terras altas e levando em consideração a condição hídrica a qual o cultivo é conduzido.

## 2.7 INTERAÇÃO ÁGUA, NITROGÊNIO E CULTIVAR

As plantas absorvem principalmente os nutrientes que estão na solução do solo, sendo fundamental a presença de água, que pode ser oriunda das chuvas ou fornecida através da irrigação. Condições de seca ou de excesso de água levam à baixa eficiência dos fertilizantes e corretivos (LOPES; GUILHERME, 2000).

As condições de umidade do solo afetam a disponibilidade, movimento e absorção de nutrientes pelas culturas. Assim, para o uso mais eficiente do solo e da adubação nitrogenada, quantidades adequadas de água devem estar disponíveis em todo o período de crescimento das culturas. Para o uso eficiente do N, a água parece ser o fator mais crítico (AULAKH; MALHI, 2005).

O N é o nutriente com maiores interações com o ambiente, em razão das inúmeras reações que ocorrem no solo, normalmente mediadas por micro-organismos cuja atividade é afetada por temperatura e umidade (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010).

O contato do N com as raízes das plantas ocorre predominantemente por fluxo de massa. O fluxo de massa, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) consiste no movimento do elemento em uma fase aquosa móvel (= solução do solo), de uma região mais úmida até outra mais seca (próxima da superfície radicular), cuja quantidade do elemento que pode entrar em contato com a raiz depende da concentração do elemento na solução do solo e o volume de água absorvido pela cultura. De acordo com Lopes e Guilherme (2000), a manutenção do teor de

água numa faixa mais facilmente utilizável pelas plantas proporciona acréscimos na absorção dos nutrientes.

Além da água ser importante para estabelecer o contato do N com as raízes das plantas, a água é responsável pela liberação/solubilização dos nutrientes contidos nos fertilizantes.

A presença de água no solo também influencia na perda de N por lixiviação, na desnitrificação e volatilização, que varia em função da fonte de N empregada e da quantidade de água no solo, tornando importante estudar essa interação.

Uma forma de perda de N é por meio da volatilização da amônia, em que de acordo com Cantarella e Montezano (2010), a hidrólise da ureia forma amônio e, principalmente em solos alcalinos, o amônio se transforma em amônia ( $\text{NH}_3$ ) e pode se perder por volatilização.

O N amoniacal tem carga positiva e pode ser retido nos colóides do solo, sendo sua mobilidade relativamente pequena. No entanto, em condições aeróbias, o  $\text{NH}_4^+$ , é nitrificado por bactérias (que requer temperatura e umidade adequada) transformando-se em nitrito e posteriormente em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). O nitrato possui carga negativa e, portanto, é pouco retido no solo, estando sujeito a perdas por lixiviação. O excesso de chuvas pode provocar perdas por lixiviação de nitrato em situações nas quais não é comum (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010).

Por outro lado, na ausência de  $\text{O}_2$ , que ocorre normalmente em solos inundados, o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) pode ser convertido pelo processo de desnitrificação a formas voláteis ( $\text{N}_2$  ou óxido nitroso -  $\text{N}_2\text{O}$ ) que são perdidas para a atmosfera (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010).

Essas perdas de N têm impacto econômico e ambiental e são dependentes do tipo de solo, clima e manejo do solo e dos fertilizantes (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010).

De acordo com Sangoi et al. (2003) a ureia pode ser perdida por volatilização, principalmente se for aplicada sobre a superfície do solo, sem incorporação, e se as condições térmicas e hídricas forem favoráveis. Rochette et al. (2009) relataram que a aplicação de fertilizantes à base de amônio na superfície do solo pode induzir a volatilização de  $\text{NH}_3$  quando a precipitação não ocorre logo após a aplicação. Ou seja, a incorporação do fertilizante pode ser feita mecanicamente por colocá-lo mais profundamente (5-7 cm) ou pela água de precipitação ou irrigação.

Segundo Viero et al. (2012), a eficiência do N é influenciada pela fonte de N utilizada, condições climáticas, especialmente a disponibilidade hídrica, e o manejo da adubação nitrogenada. A precipitação pluvial pode aumentar as perdas de N, pois a adição de água ao solo permite que ocorra a dissolução da ureia e início da hidrólise. No entanto, os autores afirmam que se a precipitação ocorrer em volumes adequados ocorre o transporte da ureia e N

amoniaco em profundidade no solo, aumentando a adsorção e reduzindo as perdas por volatilização. Dessa forma, a utilização de irrigação controlada permite uma rápida solubilização do fertilizante aplicado, movimentação dos nutrientes na solução do solo até uma certa profundidade e redução das perdas por volatilização de amônia (LOPES; GUILHERME, 2000).

Além da irrigação, uma das técnicas para minimizar as perdas por lixiviação é utilização de fertilizantes com disponibilidade mais controlada e solubilização mais coincidente com as necessidades da cultura (LOPES; GUILHERME, 2000), como os fertilizantes revestidos por polímeros.

Numa perspectiva global, a irrigação juntamente com cultivares modernos e fertilizantes nitrogenados tem contribuído significativamente para o aumento da produção de culturas anuais. Em áreas de sequeiro, a irrigação suplementar é vital para melhorar a produtividade das culturas e o uso eficiente do nitrogênio para algumas culturas (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

Em experimento desenvolvido por Benjamin et al. (1997) na cultura do milho, a deficiência de água durante o crescimento da cultura limitou o movimento de N no solo e conseqüentemente reduziu a absorção de nitrogênio.

De forma geral, resume-se a interação nitrogênio e água da seguinte maneira: a produtividade das culturas e recuperação do N aplicado são influenciadas pelo estado hídrico do solo de várias maneiras. A inadequada umidade do solo resulta em menor crescimento da cultura, levando a uma absorção reduzida de nutrientes e inferior uso eficiente do nitrogênio, por outro lado, condições de solo excessivamente úmido causam perdas substanciais de N por lixiviação e desnitrificação do  $\text{NO}_3^-$ , resultando em baixa eficiência no uso do nitrogênio (AULAKH; MALHI, 2005).

Portanto, N e água apresentam fortes interações sinérgicas em relação ao rendimento das culturas, componentes da produção, uso eficiente do nitrogênio, uso eficiente da água, e os impactos ambientais (AULAKH; MALHI, 2005).

Neste contexto, outro fator que interfere na absorção de nutrientes é o genótipo utilizado, pois há variações entre eles, sendo que uns são mais eficientes na utilização de nutrientes. Fageria, Sant'Ana e Morais (1995) ao conduzir experimento com cultivares de arroz de terras altas, constataram que os cultivares apresentaram diferenças na absorção e utilização de nitrogênio. Da mesma maneira, Crusciol et al. (2012a) verificaram diferenças na eficiência de absorção de nutrientes entre dois cultivares de arroz de terras altas.

Dessa forma, nota-se a importância em estudar os efeitos da variação hídrica, fontes de nitrogênio em cultivares de arroz de terras altas, haja vista que estes três fatores são muito

importantes para a garantia de produtividades satisfatórias e estão relacionados entre si, já que a variação hídrica interfere na disponibilidade e na absorção de nutrientes, e consequentemente, esses dois fatores em conjunto proporcionam efeitos sobre o cultivar de arroz, principalmente porque cada cultivar tem uma característica diferente em relação a necessidade hídrica e absorção de nutrientes. Ainda, sabendo-se que no Brasil existem diversos níveis de tecnologia, como a utilização ou não de irrigação, é extremamente relevante avaliar aspectos da planta e produtividade nestas duas condições e suas interações com outros fatores, como a adubação de cobertura e cultivares, servindo de subsídios para o produtor verificar a sua viabilidade.

## 2.8 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

Baseando-se na importância da cultura do arroz, assim como no crescente consumo, são necessárias novas tecnologias que possibilitem aumentar a produção de sementes de alta qualidade que possam atender à crescente demanda dos agricultores por cultivares adaptadas e mais produtivas, que assim permitam gerar retorno ao investimento realizado pelo produtor (VIEIRA et al., 2011).

A qualidade fisiológica de sementes se refere a capacidade da semente em se transformar numa plântula perfeita e vigorosa, nas mais variadas condições ambientais. Pode ser mensurada por meio dos testes de germinação e vigor. O teste de germinação expressa o percentual de sementes germinadas sob condições favoráveis de laboratório, não se relacionando muitas vezes com a real situação no campo. O vigor possui um conceito mais amplo, e relaciona-se com o potencial de desempenho da semente sob uma ampla diversidade de condições ambientais (VAZQUEZ; SÁ, 2015).

Sementes vigorosas resultam em plântulas fortes e bem desenvolvidas de forma rápida e uniforme. Já as sementes de vigor médio ou baixo, em condição de estresse hídrico ou de baixa/alta temperatura do solo durante a emergência, resultam em plântulas fracas, incapazes de se estabelecerem no campo, ou apresentam desenvolvimento desuniforme com plantas dominadas (VAZQUEZ; SÁ, 2015).

O vigor de um lote de sementes é determinado inicialmente por seu genótipo e, posteriormente, pela influência de uma série de fatores sobre esse genótipo, como as condições que ocorrem durante o desenvolvimento da semente, tamanho das sementes, entre outros (POWEL, 2006).

O vigor da semente é influenciado pelas condições ambientais mesmo antes da sua formação, pois as condições de clima que afetam o desenvolvimento e o florescimento da planta

poderão ter reflexos sobre o vigor das futuras sementes. Esses efeitos são de difícil avaliação, principalmente quando comparados aos que ocorrem na fase final do processo de maturação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Após a fertilização, os fotossintatos elaborados no sistema foliar passam a ser translocados para a semente, nela se depositando de forma a permitir que a semente se desenvolva, bem como a sua capacidade de germinação e vigor. Assim, quanto maior for a reserva de nutrientes na semente, maior será o vigor da plântula dela resultante, e também o seu potencial de sobrevivência. Os fatores, portanto, que afetam o desenvolvimento da semente e o acúmulo de reservas afetarão o seu vigor. Entre estes, destacam-se: a temperatura, o suprimento de água, os nutrientes, a intensidade luminosa e a duração do fotoperíodo. O suprimento de água durante o desenvolvimento da semente, pode influenciar indiretamente o vigor, pelo seu efeito na composição química quantitativa da semente, enquanto a temperatura influencia os processos de desenvolvimento. A energia luminosa incidente determina a eficiência fotossintética da planta e conseqüentemente define o quanto de fotossintatos estará disponível para ser carregado para as sementes em desenvolvimento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

De maneira geral, a deficiência hídrica durante a fase de divisões celulares provoca redução do número de sementes formadas, enquanto a deficiência hídrica durante a fase de transferência de assimilados ocasiona, principalmente, decréscimo no tamanho, peso e potencial fisiológico das sementes. A intensidade do prejuízo depende da severidade do estresse (MARCOS FILHO, 2015).

A seca prolongada e a baixa disponibilidade de água no solo podem provocar a produção de maior número de sementes de tamanho reduzido, principalmente quando ocorrem durante o florescimento e o período de acúmulo mais intenso de matéria seca pelas sementes (MARCOS FILHO, 2015).

Portanto, sementes de qualidade são produzidas durante a prevalecência de condições climáticas favoráveis para o crescimento, florescimento e frutificação das plantas (DOIJODE, 2006), em que no arroz de terras altas, a utilização da irrigação por aspersão pode possibilitar o suprimento adequado de água. Segundo Crusciol et al. (2001) a ocorrência de deficiência hídrica durante o desenvolvimento das sementes de arroz pode afetar além da produção, também a sua qualidade.

Existem poucos trabalhos que avaliam a influência do cultivo com e sem irrigação (sequeiro) sobre a qualidade de sementes de arroz de terras altas com os novos cultivares lançados no mercado. Crusciol et al. (2001) verificaram que a menor disponibilidade hídrica reduziu a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes de arroz, em que a qualidade das

sementes foi superior com o cultivo irrigado com as lâminas L1 (0,5 vezes o Kc recomendado) e L2 (1,0 vezes o Kc recomendado) e que o excesso de água prejudicou a qualidade fisiológica das sementes do cultivar Caiapó (grupo tradicional) em função do acamamento. Crusciol et al. (2002) ao avaliarem a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes de arroz, dos cultivares Carajás e IAC 201, sob dois sistemas de cultivo, sequeiro e irrigado, relataram que o sistema irrigado por aspersão foi superior ao de sequeiro em todas as determinações realizadas nos dois anos de experimentação. Em outro experimento, com os cultivares de arroz de terras altas IAC 201 e Carajás cultivados sob condições sem e com irrigação por aspersão, em quatro níveis de água (L1: 0,5 vezes o Kc; L2: 1,0 vezes o Kc; L3: 1,5 vezes o Kc; L4: Kc = 1,95), concluiu-se que níveis de água variando entre 0,5 e 1,5 vezes o Kc da cultura do arroz proporcionam melhores condições para produção de sementes de arroz de cultivares de terras altas com melhor qualidade fisiológica (CRUSCIOL et al., 2012b).

Como já mencionado, além das condições climáticas, os nutrientes podem interferir na qualidade das sementes. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012) a planta bem nutrida está em condições de produzir mais sementes bem formadas, pois a disponibilidade de nutrientes interfere na boa formação do embrião e do órgão de reserva, assim como na sua composição química e, conseqüentemente, no metabolismo e no vigor da semente.

Plantas convenientemente nutridas geralmente produzem sementes maiores e mais pesadas, especialmente quando o suprimento é adequado durante o período de acúmulo de matéria seca, época em que as sementes exigem maior disponibilidade de elementos essenciais. Quando o efeito dos nutrientes é considerado individualmente, o nitrogênio têm ação mais evidente e pronunciada (MARCOS FILHO, 2015). Assim, é de se esperar que a adubação em cobertura possa melhorar a qualidade da semente, mesmo não afetando a produção (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Trabalhos que visam relacionar a adubação e a nutrição das plantas produtoras de sementes com a qualidade fisiológica de sementes ou com a produção posterior são em menor número, e os resultados nem sempre são concordantes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Pode-se verificar, portanto, a necessidade da realização de mais estudos sobre a adubação/nutrição e qualidade fisiológica das sementes (CARVALHO et al., 2001).

Estudos com fontes de nitrogênio sobre a qualidade de sementes são poucos. Bono et al. (2008), verificaram que a fonte N de liberação lenta proporcionou melhoria na qualidade fisiológica das sementes de milho. Por outro lado, Assis et al. (2015) observaram que as fontes de nitrogênio, ureia convencional na dose 120 kg de N ha<sup>-1</sup> e ureia com polímero de liberação controlada na dose 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizadas durante o cultivo do quiabo não influenciam na

qualidade fisiológica das sementes produzidas. Garcia et al. (2014) observaram que as fontes nitrogenadas em cobertura (1. Ureia; 2. Ureia revestida; 3. Ureia + Sulfato de amônio; 4. Sulfato de amônio; 5. Nitrato de amônio) pouco influenciaram a qualidade fisiológica das sementes de feijão, uma vez que apresentavam alto poder germinativo e elevado vigor. Prando et al. (2012) também relataram que as formas de ureia (ureia convencional, ureia com inibidor de urease- SuperN® e ureia protegida- Kim Coat®) aplicadas em cobertura não alteram a qualidade fisiológica das sementes de diferentes genótipos de trigo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido nas safras de 2013/14 e 2014/15 na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP, campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS, que tem como coordenadas geográficas aproximadas de 51° 24' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 20' de latitude Sul e 340 metros de altitude. O solo da área é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, textura argilosa (SANTOS et al., 2013).

Nos dois anos foram utilizadas áreas com fertilidade diferentes, sendo que no ano de 2013/14 a área tinha como cultura antecessora o milho e no ano de 2014/15 utilizou-se uma área que foi explorada com viticultura, porém estava em pousio por alguns anos. Antes da instalação do experimento foram realizadas amostragens do solo da área na camada de 0,00 a 0,20 m para análise química, conforme metodologia descrita por Raij et al. (2001), cujas características estão na Tabela 1.

**Tabela 1** - Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,20 m. Selvíria, MS, 2013/14 e 2014/15.

| Ano     | P resina<br>mg dm <sup>-3</sup> | M.O.<br>g dm <sup>-3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |    |    |      |    |      |      | V<br>% |
|---------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------|----|----|------|----|------|------|--------|
|         |                                 |                            |                         | K                                  | Ca | Mg | H+Al | Al | SB   | CTC  |        |
| 2013/14 | 29                              | 18                         | 4,7                     | 1,4                                | 12 | 8  | 29   | 6  | 21,4 | 50,4 | 42     |
| 2014/15 | 31                              | 16                         | 5,6                     | 4                                  | 23 | 19 | 28   | 0  | 46   | 74   | 62     |

Fonte: Dados da própria autora.

A capacidade de água disponível (CAD) da área foi determinada pela curva de retenção de água do solo, utilizando a câmara de Richards com as tensões especificadas na Tabela 2 (RICHARDS, 1947). Para isso antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras das camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm com anel volumétrico. Depois de coletadas, as amostras foram levadas para o Laboratório de Solo da Unicamp para determinação da umidade de acordo com a pressão aplicada, na câmara de Richards.

A CAD em mm para cada camada analisada foi calculada com a seguinte equação:  $CAD = [(CC - PMP)/10] \cdot Z$ , onde CC = umidade volumétrica na capacidade de campo (%), PMP = umidade volumétrica no ponto de murcha permanente (%) e Z = profundidade que o sistema radicular ocupa na camada avaliada (cm). Na curva de retenção na camada de 0 a 10 cm,

observou-se que a umidade foi de 28,15 e 14,63% na capacidade de campo e ponto de murcha permanente respectivamente, resultando na CAD de 13,52 mm. Na camada de 10 a 20 cm, a umidade foi de 24,84 e 15,17% para a capacidade de campo e ponto de murcha permanente, sendo a CAD de 9,67 mm. Portanto, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular do arroz de 20 cm, a CAD total da profundidade de 0 a 20 cm era de 23,19 mm.

**Tabela 2** - Tensão de água e teor de umidade volumétrica do solo da área experimental. Selvíria-MS.

| Profundidade<br>(cm) | Tensão de água (kPa)    |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      | 0                       | 2     | 6     | 10    | 33    | 100   | 300   | 1500  |
|                      | Umidade Volumétrica (%) |       |       |       |       |       |       |       |
| 0 – 10               | 52,79                   | 39,61 | 36,51 | 28,15 | 25,42 | 21,37 | 16,86 | 14,63 |
| 10 – 20              | 44,11                   | 36,22 | 32,92 | 24,84 | 21,11 | 18,76 | 17,64 | 15,17 |

Fonte: Laboratório de Solos da Unicamp (2013).

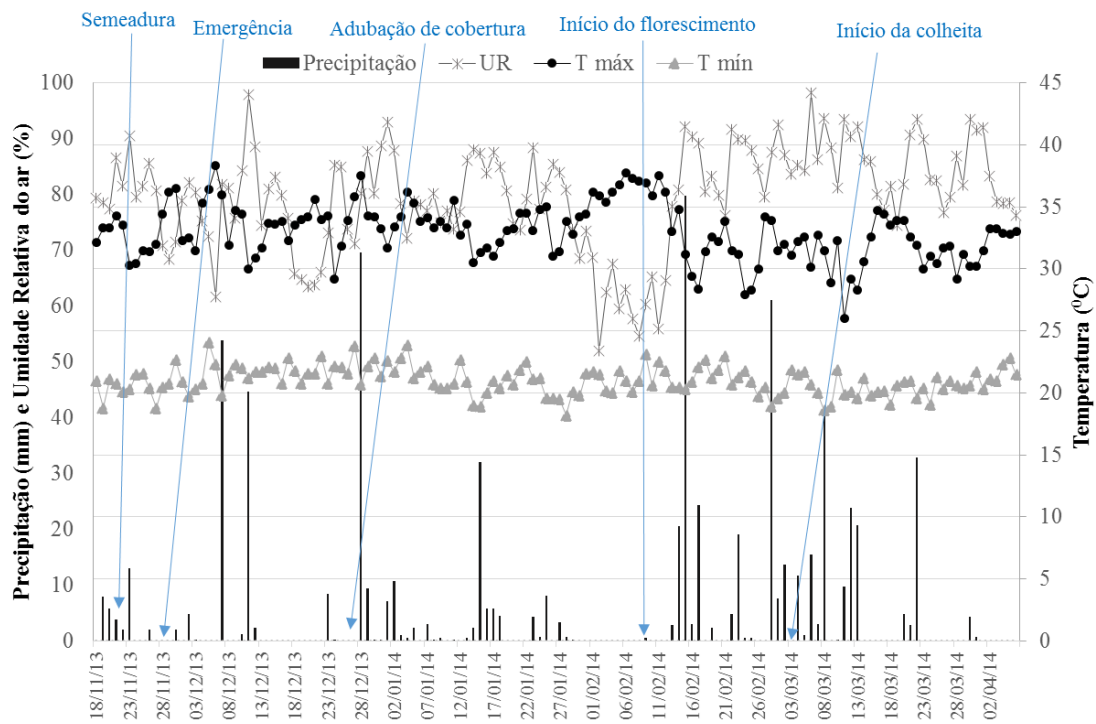
Em irrigação nunca se deve esperar a umidade do solo chegar no ponto de murcha permanente, pois isso poderá afetar a produtividade da cultura (a planta não pode gastar energia para absorver água do solo), ou seja, deve-se somente usar uma fração da CAD. Assim, nos cálculos de irrigação usou-se a água disponível no solo (ADS) ou também denominada de capacidade real de água do solo (CRA), expressa pela equação:  $ADS \text{ (mm)} = CAD \cdot f$ , onde  $f$  corresponde ao fator de disponibilidade de água no solo (adimensional), que nas condições do experimento utilizou-se 0,55. Dessa forma, a irrigação foi realizada quando a evapotranspiração acumulada da cultura atingia 12,75 mm, e, portanto, chegava-se ao limite de 45% da CAD (10,44 mm).

### 3.2 CLIMA

O clima predominante da região, conforme classificação de Koppen é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação pluvial média anual é de 1.313 mm e com temperatura média anual de aproximadamente 25 °C (PORTUGAL; PERES; RODRIGUES, 2015).

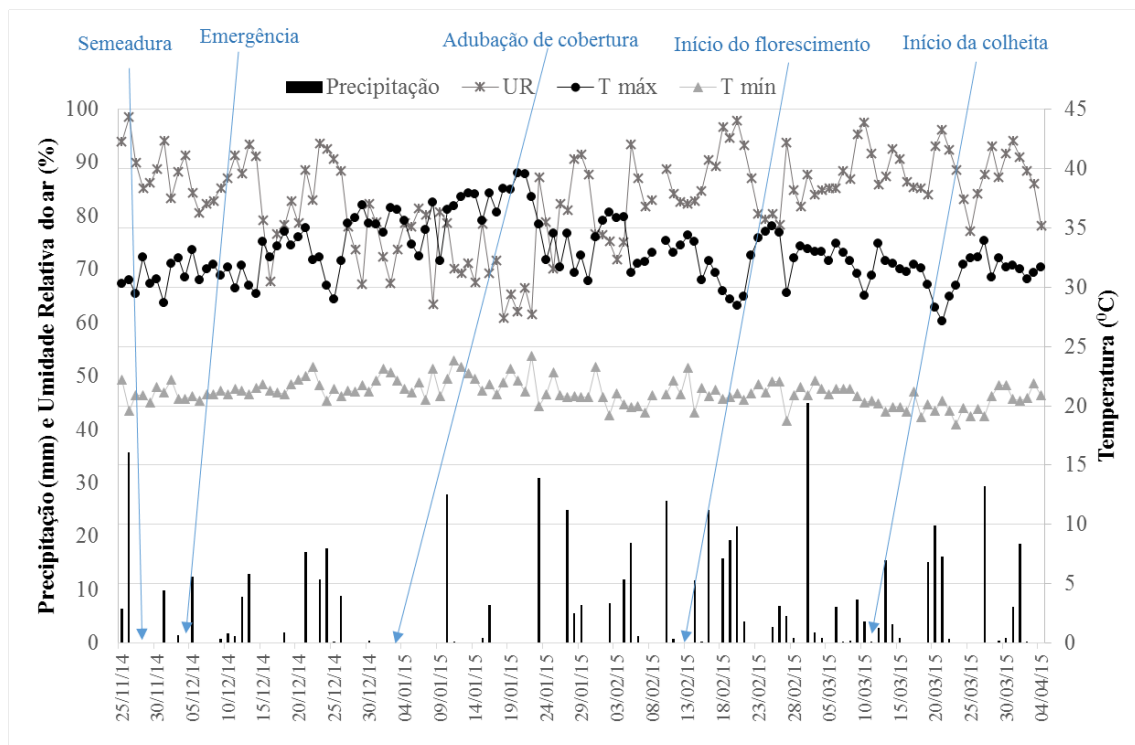
A temperatura mínima, máxima, precipitação pluvial e umidade relativa registradas durante a condução do experimento foram obtidos no posto agrometeorológico, localizado próximo da área experimental (Figura 1 e Figura 2). A precipitação pluvial total acumulada durante o cultivo do arroz em 2013/14 foi de 775 mm e em 2014/15 de 595 mm.

**Figura 1** - Temperatura máxima, mínima, precipitação pluviométrica e umidade relativa, registrados durante a condução do experimento em 2013/14. Selvíria, MS.



Fonte: Universidade Estadual Paulista- UNESP (2014).

**Figura 2** - Temperatura máxima, mínima, precipitação pluviométrica e umidade relativa, registrados durante a condução do experimento em 2014/15. Selvíria, MS.



Fonte: UNESP (2015).

### 3.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 24 tratamentos dispostos em esquema de parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições, para avaliar três variações hídricas (irrigação com a lâmina recomendada + precipitação, irrigação com 75% da lâmina recomendada + precipitação e sem irrigação + precipitação) nas parcelas, dois cultivares de arroz (IAC 202 e BRS Esmeralda) nas subparcelas e quatro fontes de nitrogênio (ureia, sulfato de amônio, ureia + sulfato de amônio e ureia revestida com polímero) nas sub-subparcelas.

As parcelas foram constituídas por 5 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entrelinhas de 0,35m. A área útil foi constituída pelas três linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

### 3.4 DESCRIÇÃO DOS CULTIVARES UTILIZADOS

#### 3.4.1 IAC 202

O Instituto Agronômico, por meio do seu programa de melhoramento do arroz, lançou em 2000 o cultivar IAC 202, sendo um cultivar mais produtivo, com qualidade industrial e culinária excepcionais. O IAC 202 é a denominação comercial da linhagem IAC 1205 obtida do cruzamento entre os cultivares Lemont e IAC 25, realizado no centro experimental de Campinas em 1985. Lemont é um cultivar americano, de porte baixo e excelente qualidade de grãos, e o IAC 25 é um cultivar tradicional de arroz de sequeiro (BASTOS, 2000).

O IAC 202 apresenta altura média de 87 cm, sendo considerado de porte baixo a intermediário, ou seja, de arquitetura moderna. Em razão do seu porte relativamente baixo tem apresentado ótima resistência ao acamamento, embora possa apresentar algum problema em condições de excessivo desenvolvimento vegetativo (BASTOS, 2000). O ciclo médio é de 125 dias, com florescimento em torno de 90 dias (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), podendo haver variações no ciclo de florescimento e maturação em razão da época de semeadura (BASTOS, 2000). As folhas têm coloração verde normal e glabras. As panículas do tipo intermediário, possuem 23 cm de comprimento, 169 grãos por panícula e a massa de cem grãos tem cerca de 2,2 g (BASTOS, 2000; FORNASIERI FILHO, FORNASIERI, 2006).

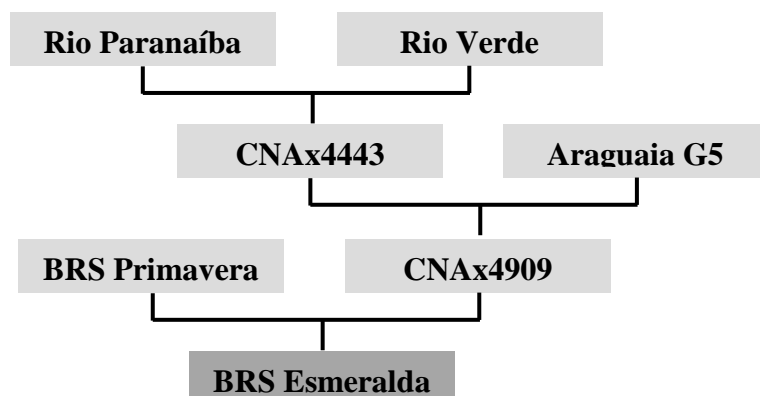
Esse cultivar apresenta baixa incidência de manchas foliares e é considerado como moderadamente suscetível a brusone nas folhas e panículas. A produtividade média de grãos é de 3.135 kg ha<sup>-1</sup> (BASTOS, 2000) e o potencial produtivo de 6.356 kg ha<sup>-1</sup> (INSTITUTO AGRONÔMICO - IAC, [200-] ).

### 3.4.2 BRS Esmeralda

O BRS Esmeralda é um cultivar de arroz de terras altas, lançado em 17 de abril de 2013 pela Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás, GO) (EMBRAPA, [200-]). O seu cultivo é recomendado nos seguintes estados: GO, MT, RO, PA, RR, TO, MA, PI e MG. Possui como principais características a alta produtividade, plantas vigorosas com boa arquitetura, senescência tardia (“stay green”) (CASTRO et al., 2014) e maior tolerância ao estresse hídrico e rusticidade (EMBRAPA, 2013).

O cultivar BRS Esmeralda é proveniente do cruzamento da linhagem CNAx4909-68-MM2-PY2 e o cultivar BRS Primavera (Figura 3), visando reunir resistência à brusone, rusticidade, alto potencial produtivo e qualidade de grãos. A altura das plantas normalmente situa-se entre 95 e 108 cm, com a arquitetura das plantas classificada como intermediária, ou seja, estando entre a arquitetura moderna e a tradicional. Este tipo de planta resulta em menor acamamento do que os cultivares tradicionais. As folhas são menos decumbentes que os cultivares tradicionais e apresentam coloração verde-escura. Esse cultivar tem perfilhamento moderado e área foliar mediana. O ciclo médio da sementeira a floração é de 77 dias (CASTRO et al., 2014) e ciclo total variando de 105 a 110 dias. A produtividade média é de 4.050 kg ha<sup>-1</sup> e o potencial produtivo desse cultivar é de 7.525 kg ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2013).

**Figura 3** - Genealogias do novo cultivar BRS Esmeralda, do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa.



Fonte: Colombari Filho et al. (2013).

Esse cultivar possui um bom nível de resistência às doenças mancha-parda, escaldadura-das-folhas e mancha-dos-grãos (CASTRO et al., 2014). Além disso, é moderadamente resistente a brusone nas panículas (EMBRAPA, 2013). Quanto a qualidade dos grãos, seus grãos são classificados como longo-fino e com boa qualidade de cocção (panela) (CASTRO et al., 2014).

### 3.5 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O preparo da área foi realizado com uso do escarificador seguido de duas gradagens com grade leve para destorroamento e nivelamento do solo nos dois anos de cultivo, sendo a última gradagem às vésperas da semeadura.

A semeadura do arroz foi realizada mecanicamente no dia 21/11/2013 no primeiro ano e 28/11/2014 no segundo ano, utilizando um espaçamento entrelinhas de 0,35 m e a quantidade de sementes suficientes para se obter 180 plantas  $m^{-2}$ . No segundo ano, logo após a semeadura foi realizada a compactação das linhas de semeadura utilizando trator Yanmar 1145-4 para melhorar o contato entre as sementes e o solo. O tratamento de sementes foi realizado com inseticida fipronil (50 g i.a. 100  $kg^{-1}$  de sementes), visando o controle de pragas do solo. De acordo com Arf et al. (2000), novembro é o mês mais indicado para a semeadura do arroz irrigado por aspersão na região propiciando obter produtividade mais elevada.

Para a adubação mineral básica nos sulcos de semeadura, na safra 2013/14 utilizou-se 300  $kg\ ha^{-1}$  da formulação 4-14-8 (11,82% S) e na safra 2014/15, 150  $kg\ ha^{-1}$  da formulação 8-28-16 (4,24% S).

Logo após a semeadura do arroz, aplicou-se o herbicida pré-emergente pendimetalina na dose de 1.400 g i.a  $ha^{-1}$  no primeiro ano de cultivo e o herbicida pré-emergente oxadiazon na dose de 1.000 g i.a.  $ha^{-1}$  no segundo ano de cultivo, visando manter a cultura livre da competição com plantas daninhas.

A emergência ocorreu aos sete (28/11/2013) e seis (04/12/2014) dias após a semeadura nos anos de 2013/14 e 2014/15, respectivamente.

O controle das plantas daninhas em pós-emergência foi realizado com o herbicida pós-emergente metsulfurom metílico (2,0 g i.a. $ha^{-1}$ ) com volume de calda de 200 L  $ha^{-1}$  aos 10 DAE em 2013/14 e aos 18 DAE em 2014/15, aplicado com pulverizador costal motorizado. As demais plantas daninhas que emergiram após o controle químico foram controladas por capinas manuais.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada aos 29 dias após a emergência (DAE) (27/12/2013) e 30 DAE (03/01/2015) no primeiro e segundo ano, respectivamente, na superfície do solo com  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. No tratamento com a mistura de ureia + sulfato de amônio, aplicou-se  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N com cada fonte, totalizando  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Em relação as fontes que foram utilizadas, a ureia apresentava 46% de N, a ureia revestida com polímero (Kimcoat®) continha 43% de nitrogênio e o sulfato de amônio possuía 20% de nitrogênio. Não houve suplementação com enxofre, haja vista que na adubação de semeadura, buscou-se utilizar formulações que tinham enxofre na sua composição. A aplicação do nitrogênio em cobertura foi realizada levando-se em consideração a probabilidade de ocorrência de chuva logo após a aplicação do fertilizante nitrogenado, simulando as condições de um produtor. No segundo ano, apesar da previsão indicar chuva de 10 mm com 82% de probabilidade, não houve a ocorrência de chuva após a adubação e cobertura, assim os tratamentos com irrigação com a lâmina recomendada + precipitação e os tratamentos constituídos pela irrigação com 75% da lâmina recomendada + precipitação foram irrigados conforme o resultado do cálculo da necessidade de água para cada tratamento. Enquanto para o tratamento sem irrigação + precipitação não foi realizada a irrigação.

O controle das pragas foi realizado nos dois anos de cultivo. Em 2013/14 e 2014/15 aplicou-se o inseticida deltametrina para o controle de lagartas na dose de  $5,0 \text{ g i.a. ha}^{-1}$  aos 64 DAE (31/01/2014) e aos 43 DAE (16/01/2015), respectivamente. Em 2014/15 também houve a incidência de percevejos do colmo do arroz (*Tibraca limbativentris*), que foi controlado com tiametoxan ( $25 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) aos 64 DAE (06/02/2015) e 76 DAE (18/02/2015). Nos dois anos foi realizada uma aplicação preventiva de fungicida para brusone com trifloxistrobina ( $75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) + tebuconazol ( $150 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) aos 67 e 64 DAE no primeiro e segundo ano.

A colheita do arroz foi efetuada manualmente utilizando-se cutelos para o corte das plantas na altura das panículas quando, em 90% das panículas, os grãos dos dois terços superiores das panículas apresentavam-se duros e os grãos do terço inferior, semiduros. Após a colheita, realizou-se a trilha mecânica e os grãos de cada parcela foram colocados em bandejas de jornal para secagem à sombra.

### 3.6 IRRIGAÇÃO

A irrigação do arroz foi realizada por um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão com precipitação média de  $3,3 \text{ mm h}^{-1}$  nos aspersores, pressão de operação de 0,25 MPa e com o espaçamento entre os aspersores de  $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ .

O fornecimento de água foi realizado quando a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) acumulada atingia valores próximos da água disponível do solo (ADS) pré-estabelecidos.

A quantidade de água a ser irrigada foi determinada utilizando o método do tanque classe A, em que se obtém a evaporação de água (ECA) diariamente no tanque classe A que estava instalado no Posto Meteorológico próximo da área experimental. O coeficiente do tanque classe A (K<sub>p</sub>) utilizado foi o proposto por Doorenbos e Pruitt (1976), que leva em consideração a área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

A Evapotranspiração da cultura foi determinada pela expressão:

ET<sub>c</sub> = K<sub>p</sub> . ECA . K<sub>c</sub>, em que:

ET<sub>c</sub>: Evapotranspiração da cultura em mm dia<sup>-1</sup>;

K<sub>p</sub>: coeficiente do tanque Classe A;

ECA: Evaporação do tanque Classe A em mm dia<sup>-1</sup>;

K<sub>c</sub>: Coeficiente da cultura.

No manejo de água, para a lâmina recomendada, foram utilizados os K<sub>c</sub>s proposto por Rodrigues, Soratto e Arf (2004), e para a lâmina de 75% da recomenda, os K<sub>c</sub>s foram calculados a partir dos K<sub>c</sub>s utilizados na lâmina recomendada (Tabela 3).

**Tabela 3** - Coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) para o cálculo de reposição de água nas diversas fases de desenvolvimento da cultura de arroz de terras altas.

| E                            | DF                |                  | F    |                   |       |
|------------------------------|-------------------|------------------|------|-------------------|-------|
|                              | Fase Vegetativa   | Fase Reprodutiva |      | Fase de Maturação |       |
| Tratamentos                  | P1 <sup>(1)</sup> | P2               | P3   | P4                | P5    |
|                              | -30               | -11              | 0    | +5                | +15   |
| Lâmina Recom. <sup>(2)</sup> | 0,40              | 0,70             | 1,00 | 1,00              | 0,70  |
| Lâmina 75% Recom.            | 0,30              | 0,525            | 0,75 | 0,75              | 0,525 |

E - Emergência; DF - Diferenciação floral; F - Florescimento. <sup>(1)</sup>Período (em dias) de utilização dos coeficientes de cultura em relação ao florescimento. P1: período compreendido entre a emergência e 30 dias antes do florescimento; P2: compreendido entre 30 e 11 dias antes do florescimento; P3: período compreendido entre 11 dias antes do florescimento e o florescimento; P4: período entre o florescimento e 5 dias após o florescimento, e P5: período entre 5 e 15 dias após o florescimento.

Fonte: Rodrigues, Soratto e Arf (2004).

A controle das lâminas de irrigação ocorreu duas semanas após a semeadura, quando as plântulas estavam com uma semana de emergidas. Durante essas duas semanas, toda a área foi irrigada uniformemente.

### 3.7 AVALIAÇÕES

#### 3.7.1 Desenvolvimento, teor de nitrogênio, componentes de produção, produtividade e qualidade industrial

##### **Emergência das plântulas**

Determinado pelo número de dias transcorridos entre a semeadura e a emergência da maioria das plântulas (ponto de agulhamento).

##### **Floração**

Avaliado pela contagem do número de dias transcorridos entre a emergência e a floração de 50% das plantas das parcelas.

##### **Maturação ou colheita (ciclo)**

O arroz atinge o ponto de maturação ou de colheita quando dois terços dos grãos da panícula estão maduros (SILVA; FONSECA, 2013). Para definir o ponto de maturação, seguiu-se a diferenciação entre estágio de grão leitoso, pastoso e maduro relatada por Abreu e Oliveira (2015), em que no estágio de grãos leitoso, ao pressionar uma espiguetta, um líquido branco sai de seu interior; no grão pastoso, uma massa farinácea é expelida; e no estágio de grão maduro, o mesmo se quebra facilmente ao ser pressionado. Dessa maneira, a maturação foi determinada pelo número de dias transcorridos entre a emergência e a maturação de 90% das panículas das parcelas.

##### **Teor de nitrogênio e enxofre foliar**

No florescimento, estágio R<sub>4</sub> (COUNCE; KEISLING; MITCHELL, 2000), foram coletadas 20 “folhas bandeira” por parcela, segundo metodologia de amostragem de Cantarella, Raij e Camargo (1997). As folhas foram secas em estufa a 65°C, moídas em moinho tipo Wiley, sendo submetidas à digestão sulfúrica para determinação do nitrogênio e à digestão nitroperclórica para determinação do enxofre, conforme método descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

##### **Massa seca de plantas de arroz**

No florescimento, estágio R<sub>4</sub> (COUNCE; KEISLING; MITCHELL, 2000), foram coletados dois pontos de 0,30 m de linha da parte aérea das plantas de duas linhas centrais por parcela. Depois de coletadas, as plantas foram acondicionadas em saco de papel e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar à temperatura média de 65°C, até atingir massa constante e posteriormente convertida em kg ha<sup>-1</sup>.

##### **Teor de nitrogênio e quantidade de nitrogênio acumulado na planta**

Depois de determinada a massa seca da parte aérea, uma amostra de aproximadamente 30 g das plantas de cada parcela foi moída em moinho tipo Wiley e depois foi determinado o teor de nitrogênio pelo método descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

A quantidade de nitrogênio acumulado na planta foi calculada pelo produto do teor de nitrogênio na planta e os valores extrapolados da massa seca de plantas de arroz, resultado expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$  de N.

#### **Altura de plantas**

A altura de plantas foi avaliada durante o estágio de grãos na forma pastosa em três pontos ao acaso na área útil de cada parcela, medindo-se a distância média compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta.

#### **Grau de acamamento**

Determinado por observações visuais na fase de maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas.

#### **Número de panículas por metro quadrado**

No momento da colheita foi realizada a contagem do número de panículas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado.

#### **Número total de espiguetas por panícula**

Foi obtido pela contagem do número de espiguetas de 20 panículas coletadas no momento da colheita, em cada parcela, utilizando contador de grãos.

#### **Número de espiguetas cheias e vazias por panícula**

As espiguetas cheias e vazias de 20 panículas foram separadas através de fluxo de ar e depois realizou-se de contagem utilizando contador de grãos.

#### **Fertilidade das espiguetas**

Obtida pela relação entre o número de espiguetas cheias por panícula e o número total de espiguetas por panícula, e multiplicando-se por 100.

#### **Massa de 100 grãos**

Avaliada por meio da coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos de cada parcela, corrigindo-se o teor de água dos grãos para 13% (base úmida).

#### **Produtividade de grãos**

Foi determinada pela pesagem dos grãos em casca, provenientes da área útil das parcelas, corrigindo-se a umidade para 13% (base úmida) e posteriormente convertendo os valores para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### **Rendimento Industrial**

Uma amostra de 100 g de arroz em casca de cada parcela foi pesada e processada em engenho de prova por 1 minuto. Após esse período, os grãos brunidos (polidos) foram pesados e o valor obtido foi considerado como rendimento de benefício, expresso em porcentagem. Em seguida, os grãos brunidos foram colocados no interior do “Trieur” número zero para separação dos grãos durante 30 segundos. Os grãos que permaneceram no “Trieur” foram pesados, constituindo-se o rendimento de inteiros, e os demais também foram pesados, obtendo-se grãos quebrados, ambos expressos em porcentagem.

### **3.7.2 Qualidade fisiológica de sementes**

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada no Laboratório de Análises de Sementes do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira-SP.

A qualidade fisiológica das sementes oriundas de cada tratamento foi determinada com os testes de grau de umidade, germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação (IVG), condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, comprimento e massa seca de plântulas e teste de frio. Para facilitar o melhor entendimento dos resultados, os dados foram separados por cultivar para a realização da análise estatística.

Para realização das análises, as amostras de sementes das quatro repetições de cada tratamento foram misturadas. Dessa forma, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 12 tratamentos dispostos em esquema fatorial 3x4 para cada cultivar (IAC 202 e BRS Esmeralda), com quatro repetições, para avaliar três variações hídricas (irrigação com a lâmina recomendada + precipitação, irrigação com 75% da lâmina recomendada + precipitação e sem irrigação + precipitação) e quatro fontes de nitrogênio (ureia, sulfato de amônio, ureia + sulfato de amônio e ureia revestida com polímero).

#### **Grau de umidade**

O grau de umidade inicial das sementes foi determinado pelo método de estufa a  $105\pm 3$  °C por 24 horas. Foram pesadas três subamostras de  $4,5\pm 0,5$  g de sementes, em balança de precisão (0,001g), sendo os dados expressos em porcentagens, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

#### **Germinação**

Foi realizado o teste padrão de germinação com quatro subamostras de 50 sementes, em rolos de papel substrato germiteste mantidos a temperatura constante de  $25\pm 1$ °C. O papel foi umedecido com água destilada numa quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. As

contagens de plântulas normais foram realizadas aos cinco e quatorze dias após a instalação do teste, de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

#### **Primeira contagem de germinação**

Foi conduzido juntamente com o teste de germinação e constou do registro das plântulas normais determinadas na primeira contagem, avaliada aos cinco dias após a instalação do teste de germinação. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

#### **Índice de Velocidade de Germinação (IVG)**

Também foi determinado em conjunto com o teste de germinação, por meio de contagens diárias de plântulas normais germinadas por subamostra a partir do surgimento das primeiras normais até a última contagem (14 dias). O índice de velocidade para cada amostra foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), apresentada a seguir:

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação

G1, G2, Gn = número de plântulas normais contadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem

N1, N2, Nn = número de dias da semeadura à primeira, à segunda e à última contagem

#### **Condutividade elétrica**

Esse teste foi realizado seguindo a metodologia de Marcos-Filho (2015). Primeiramente foi realizada a contagem e pesagem de quatro repetições de 25 sementes por tratamento. Após a determinação da massa de cada amostra, as sementes foram colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada, mantidas em germinador a temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , durante 24 horas. Após esse período, as sementes foram agitadas suavemente e a condutividade da solução de embebição foi determinada com o uso do condutivímetro de bancada modelo mCA-150. Posteriormente, o valor encontrado foi dividido pela massa da amostra (g) e os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de sementes.

#### **Envelhecimento Acelerado**

Foi realizado segundo metodologia descrita por Marcos Filho (1999a), pelo método de gerbox, onde aproximadamente 200 sementes foram colocadas sobre a tela de inox fixada no interior de caixa plástica tipo gerbox (11,0 x 11,0 x 3,0 cm), contendo 40 mL de água destilada no fundo. Após a colocação da tampa, as caixas foram levadas ao germinador regulado à

temperatura de 41°C, onde permaneceram por 120 horas. Transcorrido esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação (BRASIL, 2009) com quatro subamostras de 50 sementes por tratamento e as plântulas normais foram avaliadas após cinco dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

#### **Comprimento de plântulas**

Preparou-se o substrato da mesma forma que o teste de germinação (BRASIL, 2009). Foram utilizadas quatro subamostras de 20 sementes por tratamento, em que as sementes foram distribuídas sobre duas linhas no terço superior do papel. Os rolos foram confeccionados, colocados dentro do germinador em pé inclinado com um ângulo de 75° e mantidos a temperatura constante de 25±1°C por cinco dias. Após esse período, foi determinado o comprimento total de 10 plântulas normais por repetição, com auxílio de uma régua, considerando a ponta da raiz até a extremidade aérea. O comprimento médio de plântulas foi calculado dividindo-se a soma das medidas de cada repetição por 10 e os resultados foram expressos em mm plântula<sup>-1</sup> (NAKAGAWA, 1999).

#### **Teste de Frio sem solo**

Quatro subamostras de 50 sementes por tratamento foram distribuídas em papel germiteste previamente umedecido, de forma semelhante ao teste de germinação (BRASIL, 2009). Os rolos foram colocados no interior de caixas de propileno, as quais foram tampadas e vedadas com fita adesiva e mantidas em câmara regulada a 10°C durante sete dias (BARROS et al., 1999). Posteriormente, os rolos foram transferidos para o germinador regulado à temperatura de 25 °C, onde permaneceram por sete dias, e após esse período procedeu-se a contagem de plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

#### **Massa seca de plântulas**

Após a avaliação do teste de primeira contagem de germinação, todas as plântulas normais foram utilizadas para esse teste. Para isso, o restante das sementes foi retirado e posteriormente as plântulas foram secas em estufa de circulação de ar regulada a 65°C até atingir massa constante e pesadas em balança de precisão (0,001 g). A massa seca de plântulas foi obtida dividindo-se a massa total de plântulas de cada repetição pelo número de plântulas normais e os resultados expressos em mg plântula<sup>-1</sup> (NAKAGAWA, 1999).

### 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente foi realizado o diagnóstico para a análise de variância, analisando a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade. Em seguida os dados foram avaliados por meio da análise de variância pelo teste F. Quando o valor de F foi significativo ao nível de 5 % de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados de grau de acamamento foram transformados visando atender aos pressupostos da análise de variância.

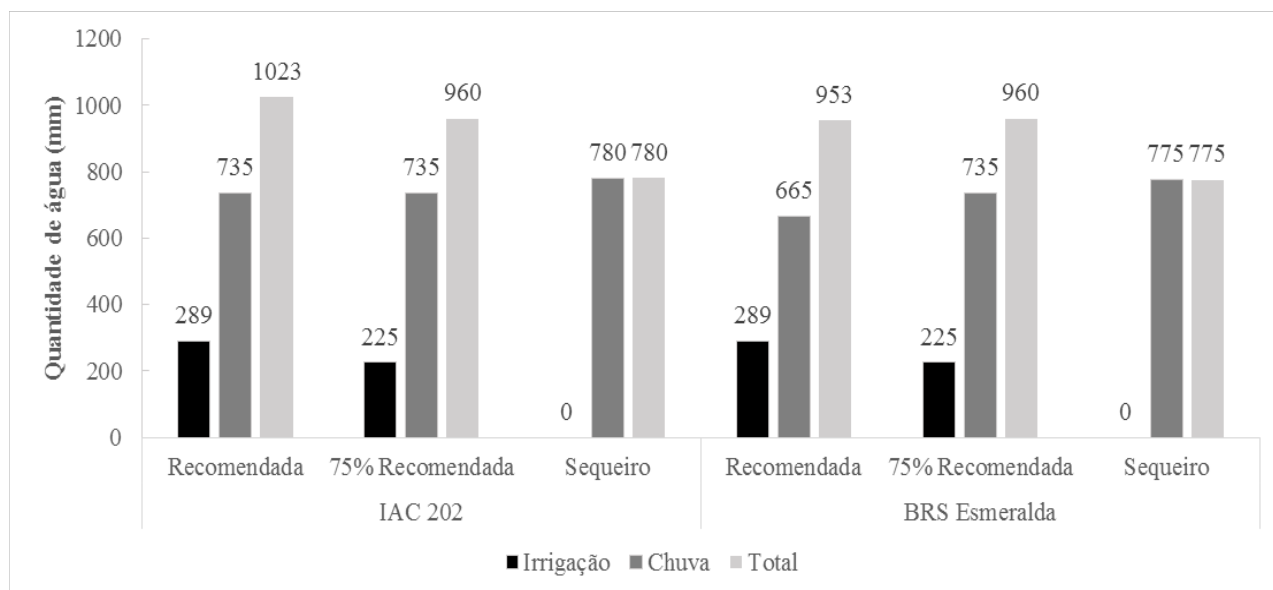
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 DESENVOLVIMENTO, TEOR DE NITROGÊNIO, COMPONENTES DE PRODUÇÃO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS**

#### **4.1.1 Clima, irrigação, emergência, florescimento e maturação**

Analisando os dados climáticos (Figura 1), verifica-se que no ano de 2013/14 a temperatura média máxima foi 33,0°C, mínima de 21,0 °C e a média 26,4 °C. O período de 01/02/2014 a 12/02/2014 registrou a maior frequência de temperaturas altas máximas alcançando 37,7 °C e com a média da máxima de 36,6°C, que coincidiu com a fase reprodutiva. De acordo com Yoshida (1981), altas temperaturas causam elevadas porcentagens de esterilidade de espiguetas, em que se as temperaturas excederem 35 °C na antese e durarem mais de uma hora, ocorrem altas porcentagens de esterilidade de espiguetas. Satake e Yoshida (1978) relatam que o efeito de altas temperaturas sobre a esterilidade de espiguetas varia com o cultivar. A umidade relativa média foi de 79,9% com o período próximo a 02/02/2014 com umidade relativa menor, que ocorreu juntamente com as máximas temperaturas e ausência de chuva. A quantidade de chuva durante o ciclo da cultura para o cultivar IAC 202 foi de 735 mm na lâmina recomendada, 735 mm na lâmina 75% da recomendada e 780 mm no sequeiro, enquanto que para o cultivar BRS Esmeralda foi de 665 mm na lâmina recomendada, 735 mm na lâmina 75% da recomendada e 775 mm no sequeiro (Figura 4). Essa diferença foi devido a diferença do ciclo, como pode-se observar na Tabela 4. Vale ressaltar, que nessa safra houve um período de 16 dias de estiagem, do dia 28/01/2014 ao dia 12/02/2014, havendo apenas três chuvisqueiros com menos de 1 mm cada (Figura 1).

**Figura 4** - Quantidade de água acumulada da irrigação, chuva e total na cultura do arroz de terras altas em função da variação hídrica e cultivares. Selvíria-MS, 2013/14.



Fonte: Dados da própria autora.

**Tabela 4** - Datas e dias após a emergência que ocorreram o florescimento e a maturação do arroz de terras altas em função da variação hídrica e cultivares na safra de 2013/14. Selvíria-MS.

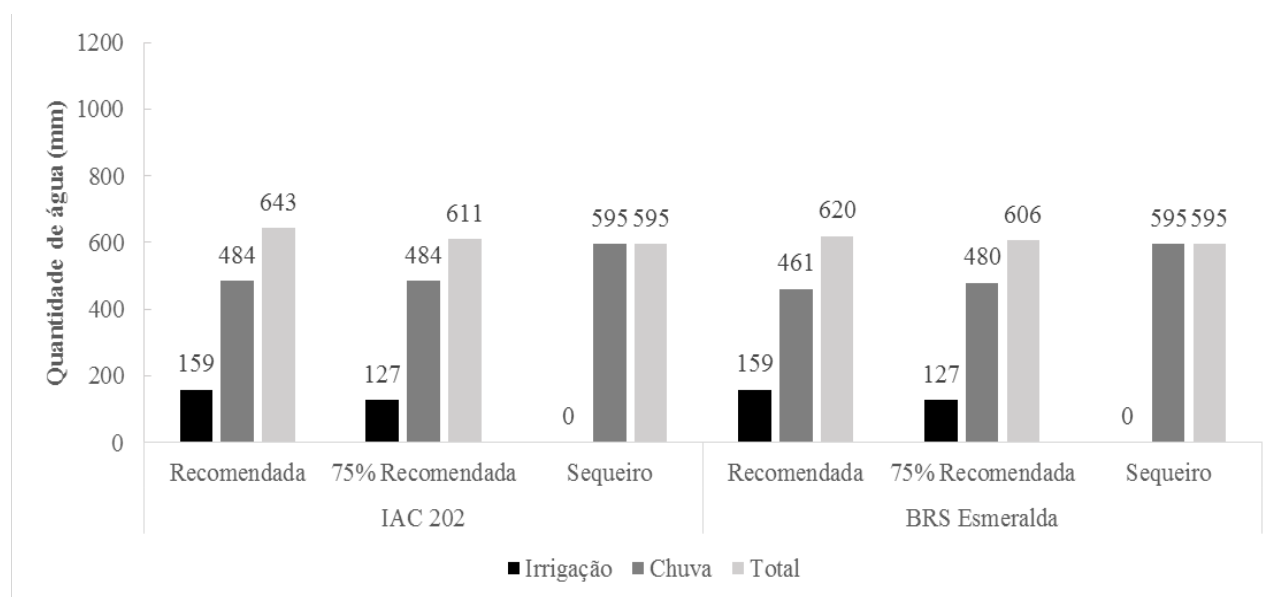
| Cultivares                  | Variação hídrica     |                      |                      |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                             | Recomendada          | 75% Recomendada      | Sequeiro             |
| <b>Florescimento</b>        |                      |                      |                      |
| <b>IAC 202</b>              | 16/02/2014 (80 DAE)  | 20/02/2014 (84 DAE)  | 08/03/2014 (100 DAE) |
| <b>BRS Esmeralda</b>        | 09/02/2014 (73 DAE)  | 13/02/2014 (77 DAE)  | 28/02/2014 (92 DAE)  |
| <b>Maturação (colheita)</b> |                      |                      |                      |
| <b>IAC 202</b>              | 15/03/2014 (107 DAE) | 19/03/2014 (111 DAE) | 04/04/2014 (127 DAE) |
| <b>BRS Esmeralda</b>        | 10/03/2014 (102 DAE) | 15/03/2014 (107 DAE) | 29/03/2014 (121 DAE) |

Fonte: Dados da própria autora.

Na safra de 2014/15 as temperaturas média máxima, mínima e a média foram de 33,0; 21,1 e 26,3 °C, respectivamente, com a máxima temperatura registrada de 39,6 °C em 20/01/2015. No período de 10/01/2015 a 22/01/2015 as temperaturas máximas estiveram acima dos 35,5 °C, que ocorreu antes da fase reprodutiva (aproximadamente 30 dias antes do florescimento). No estágio vegetativo, altas temperaturas podem causar diversos sintomas como: ponta da folha branca, faixas e manchas cloróticas, manchas e faixas brancas, perfilhamento reduzido e altura reduzida (YOSHIDA, 1981). A umidade relativa média foi de 83%. Durante o ciclo da cultura, a quantidade de chuva registrada para cada cultivar e lâmina foi diferente em função do ciclo (Tabela 5), em que nas lâminas recomendada, 75% da

recomendada e sequeiro para o cultivar IAC 202 foi de 484, 484 e 595 mm, enquanto que para o cultivar BRS Esmeralda foi de 461, 480 e 595 mm, respectivamente (Figura 5). Nesse segundo ano de cultivo também ocorreu um período 14 de dias de déficit hídrico, do dia 27/12/2014 a 09/01/2015, que correspondeu a fase vegetativa da cultura.

**Figura 5** - Quantidade de água acumulada da irrigação, chuva e total na cultura do arroz de terras altas em função da variação hídrica e cultivares. Selvíria-MS, 2014/15.



Fonte: Dados da própria autora.

**Tabela 5** - Datas e dias após a emergência que ocorreram o florescimento e a maturação do arroz de terras altas em função da variação hídrica e cultivares na safra de 2014/15. Selvíria-MS.

| Cultivares                  | Variação hídrica     |                      |                      |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                             | Recomendada          | 75% Recomendada      | Sequeiro             |
| <b>Florescimento</b>        |                      |                      |                      |
| <b>IAC 202</b>              | 17/02/2015 (75 DAE)  | 20/02/2015 (78 DAE)  | 04/03/2015 (90 DAE)  |
| <b>BRS Esmeralda</b>        | 13/02/2015 (71 DAE)  | 17/02/2015 (75 DAE)  | 27/02/2015 (85 DAE)  |
| <b>Maturação (colheita)</b> |                      |                      |                      |
| <b>IAC 202</b>              | 18/03/2015 (104 DAE) | 18/03/2015 (104 DAE) | 01/04/2015 (118 DAE) |
| <b>BRS Esmeralda</b>        | 11/03/2015 (97 DAE)  | 13/03/2015 (97 DAE)  | 01/04/2015 (118 DAE) |

Fonte: Dados da própria autora.

O estresse hídrico em qualquer fase de crescimento do arroz pode reduzir a produtividade de grãos. Os sintomas mais comuns de déficit hídrico são enrolamento da folha, secamento da folha, perfilhamento prejudicado, nanismo, atraso na floração, esterilidade de espiguetas e enchimento incompleto de grãos (YOSHIDA, 1981).

A emergência das plântulas conforme relatada no material e métodos ocorreu aos sete e seis dias após a semeadura nos anos de 2013/14 e 2014/15, respectivamente. De acordo com Fageria (1989) em condições normais do solo, as sementes de arroz germinam entre 5 a 7 dias.

O florescimento e a maturação ocorreram em datas diferentes de acordo com o cultivar e a variação hídrica imposta pelos tratamentos, o que pode ser visualizado nas Tabelas 4 e 5.

De maneira geral, verifica-se que o cultivar IAC 202 necessitou de um maior número de dias para o florescimento e maturação do que o cultivar BRS Esmeralda, fato relacionado a diferença de cultivar (Tabela 4 e 5). Segundo Colombari Filho e Rangel (2015) de acordo com o ciclo de desenvolvimento do arroz, os cultivares são classificados em superpreoces (menor que 105 dias), precoces (entre 106 e 120 dias), médios (entre 121 e 135 dias), tardios (entre 136 e 150 dias) e muito tardios (mais de 150 dias). Dessa forma, levando em consideração que o cultivar IAC 202 apresenta ciclo médio de 120 a 128 dias (IAC, s.d.) e o cultivar BRS Esmeralda de 105 a 110 dias (EMBRAPA, 2013), pode-se considerar que o IAC 202 é um cultivar de ciclo médio e o cultivar BRS Esmeralda de ciclo precoce.

Observa-se nos dois cultivares e nos dois anos de cultivo que a diminuição na disponibilidade de água aumentou o número de dias para ocorrer o florescimento e a maturação. Colombari Filho e Rangel (2015) afirmam que o ciclo do arroz aumenta devido aos estresses por deficiência hídrica ou de nutrientes no solo, e reduz, em função da maior luminosidade e temperatura. Castro et al. (2013) também verificaram aumento do número de dias para o florescimento de arroz de terras altas com o cultivo com estresse hídrico em relação ao irrigado. Crusciol et al. (2003b) observaram que o cultivo do arroz de terras altas sem irrigação aumentou o período para as plantas atingirem o florescimento e a maturação respectivamente, quando comparado com os tratamentos que foram irrigados, indicando que a deficiência hídrica proporciona aumento do ciclo da cultura. Diversos trabalhos relatam aumento do ciclo da cultura com a incidência de déficit hídrico (CRUSCIOL et al., 2003<sup>a</sup>; RODRIGUES; SORATTO; ARF, 2004; CRUSCIOL et al., 2006; HEINEMANN, STONE, 2009; TERRA et al., 2013; VELA et al., 2013; TERRA et al., 2015).

A variação do ciclo do arroz entre os ambientes irrigado e não irrigado pode ser atribuída a condição de déficit hídrico afetar o crescimento e desenvolvimento da planta, modificando sua anatomia, morfologia, bioquímica e fisiologia (LOPES; LIMA, 2015). As respostas vegetais que minimizam o impacto dos estresses ambientais vão de ajustes metabólicos temporários até mudanças na forma do órgão, na arquitetura da planta e no ciclo de vida. Uma maneira pela qual as plantas podem se adaptar a condições ambientais extremas é mediante modificação no seu ciclo de vida (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em condição de moderado estresse hídrico, os estômatos começam a fechar, reduzindo não apenas a transpiração, como também a fotossíntese e a respiração (LOPES; LIMA, 2015) e dessa forma reduz a disponibilidade de fotoassimilados para a planta continuar o seu desenvolvimento. Segundo os mesmos autores, o nível de citocinina começa a diminuir ainda sob moderado déficit hídrico, sendo que por outro lado, o teor de ácido abscísico aumenta drasticamente nas folhas e outros tecidos, inclusive nas raízes. O ácido abscísico promove o fechamento dos estômatos, redução na transpiração, inibe o crescimento da parte aérea do vegetal e induz o crescimento do sistema radicular e aumento na condutividade da água por meio das raízes, na tentativa de minimizar os efeitos do estresse hídrico (LOPES; LIMA, 2015). Além disso, o crescimento de raízes para camadas mais profundas do solo durante o déficit hídrico requer alocação de assimilados para o ápice dessas raízes (TAIZ; ZEIGER, 2013), o que poderia restringir o uso dos fotoassimilados para outras partes da planta e dessa forma retardar o ciclo da cultura.

De acordo com Silva, Steinmetz e Heinemann (2015), os fatores mais limitantes na produção do arroz de terras altas são as características do regime e distribuição das chuvas durante o ciclo da planta. Analisando a quantidade de água total (irrigação + chuva) por cultivar e variação hídrica nas Figuras 4 e 5, verifica-se que no primeiro ano a quantidade de água que ocorreu na cultura foi maior que no segundo ano, porém foi mal distribuída principalmente durante o período reprodutivo (Figura 1). Nota-se que a quantidade de água que incidiu durante todo o ciclo da cultura está adequada em cada cultivar e variação hídrica, já que a necessidade de água total para o cultivo do arroz de terras altas varia de cerca de 600 a 700 mm. Considerando somente a irrigação suplementar, as quantidades de água aplicadas podem variar de 524 a valores menores que 200 mm por ciclo, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, em função do regime de chuvas (STONE; MOREIRA, 2005; FORNASIERI FILHO, FORNASIERI, 2006; STONE et al., 2015). O volume de água para a irrigação suplementar é muito variável, principalmente por depender da quantidade e da distribuição das chuvas (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006; STONE et al., 2015), além das condições climáticas como temperatura, velocidade do vento, radiação solar e umidade relativa.

#### **4.1.2 Teor de N foliar, teor de S foliar, massa seca da planta, teor de N na planta e quantidade de N acumulado**

Os dados médios de teor de nitrogênio e enxofre foliar e massa seca de plantas de arroz, encontram-se na Tabela 6.

**Tabela 6** - Teor de nitrogênio foliar (N Foliar), teor de enxofre foliar (S foliar) e matéria seca de plantas (MS) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | N foliar<br>(g kg <sup>-1</sup> ) |          | S foliar<br>(g kg <sup>-1</sup> ) |         | MS<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |          |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|-----------------------------------|---------|------------------------------|----------|
|                             | 2013/14                           | 2014/15  | 2013/14                           | 2014/15 | 2013/14                      | 2014/15  |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |                                   |          |                                   |         |                              |          |
| Recomendada                 | 29,13b                            | 34,30    | 2,90                              | 1,47    | 8.695a                       | 11.308a  |
| 75% da Recomendada          | 29,03b                            | 33,62    | 3,02                              | 1,51    | 8.255a                       | 9.986b   |
| Sequeiro                    | 36,56a                            | 33,40    | 3,33                              | 1,47    | 7.123b                       | 7.725c   |
| DMS                         | 1,94                              | 2,35     | 0,31                              | 0,10    | 1.023                        | 623      |
| <b>CULTIVARES</b>           |                                   |          |                                   |         |                              |          |
| IAC 202                     | 28,10b                            | 31,84b   | 3,06                              | 1,47    | 8.399a                       | 9.897    |
| BRS Esmeralda               | 35,04a                            | 35,71a   | 3,10                              | 1,50    | 7649b                        | 9.449    |
| DMS                         | 1,17                              | 0,74     | 0,14                              | 0,14    | 671                          | 697      |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |                                   |          |                                   |         |                              |          |
| Ureia                       | 31,40                             | 34,11    | 3,01ab                            | 1,43    | 7.799                        | 9.704    |
| Sulfato de amônio           | 31,16                             | 33,75    | 3,32a                             | 1,54    | 8.029                        | 9.773    |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 31,68                             | 33,69    | 3,17a                             | 1,53    | 7.942                        | 9.910    |
| Ureia revestida             | 32,05                             | 33,55    | 2,84b                             | 1,43    | 8.326                        | 9.305    |
| DMS                         | 1,22                              | 1,12     | 0,33                              | 0,09    | 809                          | 948      |
| <b>F</b>                    |                                   |          |                                   |         |                              |          |
| Bloco (B)                   | 10,55**                           | 0,70ns   | 7,06*                             | 0,62ns  | 8,80*                        | 5,83*    |
| Variação hídrica (VH)       | 93,08**                           | 1,00ns   | 9,88*                             | 1,21ns  | 11,84**                      | 158,92** |
| CV (%)                      | 8,02                              | 6,76     | 13,08                             | 6,52    | 16,62                        | 8,40     |
| Cultivares (C)              | 211,62**                          | 210,86** | 0,56ns                            | 0,44ns  | 7,48*                        | 2,48ns   |
| VH x C                      | 4,61ns                            | 2,33ns   | 11,66**                           | 0,10ns  | 2,46ns                       | 1,69ns   |
| CV (%)                      | 7,40                              | 3,35     | 9,02                              | 14,54   | 16,74                        | 14,43    |
| Fontes de N (F)             | 1,38ns                            | 0,66ns   | 5,39**                            | 6,39**  | 1,06ns                       | 1,05ns   |
| VH x F                      | 1,47ns                            | 0,09ns   | 0,41ns                            | 3,54**  | 0,78ns                       | 1,02ns   |
| C x F                       | 0,89ns                            | 0,12ns   | 1,52ns                            | 0,39ns  | 1,04ns                       | 3,74*    |
| VH x C x F                  | 0,76ns                            | 0,34ns   | 0,64ns                            | 0,90ns  | 1,22ns                       | 1,46ns   |
| CV (%)                      | 5,06                              | 3,70     | 14,10                             | 6,94    | 13,2                         | 12,82    |
| Média                       | 31,57                             | 33,78    | 3,08                              | 1,48    | 8.024                        | 9.673    |

\*\* , \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

Na Tabela 6 observa-se que na safra de 2013/14 as duas lâminas de irrigação proporcionaram menor teor de N foliar em relação ao sequeiro. Isso pode ser atribuído ao efeito de diluição, em que a concentração (teor) de nutrientes é diluída em razão do maior crescimento

da planta (JARREL; BEVERLY, 1981), o que pode ser confirmado com os dados de massa seca das plantas em que as plantas que foram irrigadas tiveram maior crescimento. Por outro lado, Mauad, Crusciol e Grassi Filho (2011) constataram menor teor de N foliar com a diminuição da disponibilidade de água. Verifica-se que para o teor de N foliar nas duas safras, o cultivar BRS Esmeralda apresentou maior teor de N. Essa diferença se resume em variação genotípica (divergência genética entre cultivares), em que o cultivar BRS Esmeralda possui coloração das folhas verde-escura (CASTRO et al., 2014) enquanto que o cultivar IAC 202, coloração verde normal (BASTOS, 2000). Mauad, Crusciol e Grassi Filho (2011) e Mingotte, Hanashiro e Fornasieri Filho (2013) também relataram diferenças para o teor de N entre cultivares de arroz de terras altas. Não foi verificada influência das fontes de N sobre essa variável. Oi (2008) ao avaliar ureia e entec (sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação) como fonte de N também não verificou influência das fontes sobre o teor de N foliar em arroz de terras alta irrigado por aspersão. Lopes et al. (2013) e Hernandez et al. (2010) ao avaliar sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação - Entec®, sulfato de amônio e ureia, também não observaram diferença para o teor de N foliar.

Cantarella, Rajj e Camargo (1997) citaram teores de 27 a 35 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio na folha como adequados para o arroz e dessa maneira para as duas safras de cultivo, o teor foi adequado não havendo limitação desse nutriente para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

O teor de enxofre foliar em 2013/14 foi influenciado pela interação entre variação hídrica e cultivares e também pelas fontes de N (Tabela 6). Ao visualizar o efeito apenas das fontes, verifica-se que nas fontes sulfato de amônio e na mistura de ureia + sulfato de amônio ocorreu maior teor em comparação a ureia revestida, que se deve ao fato do sulfato de amônio conter em sua composição o enxofre (24%) além do N.

No desdobramento de variação hídrica dentro de cultivares para o teor de enxofre foliar em 2013/14 (Tabela 7), verifica-se que no cultivar BRS Esmeralda o maior teor foi proporcionado pelo sequeiro em relação as lâminas de irrigação, o qual pode estar associado ao efeito diluição, pois no sequeiro houve menor produção de massa seca, e conseqüentemente maior concentração em função do menor crescimento. Para o cultivar IAC 202 não houve diferenças entre a variação hídrica. Quanto ao desdobramento de cultivares dentro de variação hídrica, nota-se que no sequeiro o BRS Esmeralda resultou em maior teor do que o IAC 202, que pode estar associado a menor massa seca no sequeiro e no cultivar BRS Esmeralda em comparação ao IAC 202.

**Tabela 7** – Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para o teor de enxofre foliar em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Cultivares                        | Teor de S foliar em 2013/14 (g kg <sup>-1</sup> ) |                    |          |
|-----------------------------------|---|--------------------|----------|
|                                   | Variação hídrica                                  |                    |          |
|                                   | Recomendada                                       | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                           | 2,94Aa  | 3,13Aa             | 3,12Ab   |
| BRS Esmeralda                     | 2,86Ba  | 2,90Ba             | 3,54Aa   |
| DMS variação dentro de cultivares |   |                    | 0,33     |
| DMS cultivares dentro de variação |   |                    | 0,24     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

No segundo ano de cultivo, a interação entre variação hídrica e fontes de N interferiu no teor de enxofre nas folhas (Tabela 6). Constatou-se que na fonte sulfato de amônio, o sequeiro apresentou menor teor e na fonte ureia revestida, o menor teor ocorreu na lâmina recomendada em relação a lâmina de 75% da recomendada e o sequeiro (Tabela 8). No desdobramento de fontes de N dentro de variação hídrica, observa-se que na lâmina recomendada o maior teor foi resultante do sulfato de amônio ao ser comparado com a ureia e a ureia revestida, enquanto que na lâmina de 75% da recomendada a fonte sulfato de amônio foi superior apenas à ureia. Como, se sabe, o fluxo de massa é o principal mecanismo de suprimento de enxofre às raízes (SILVA; ALVAREZ; RUIZ, 1998), assim, se a solução do solo tiver uma maior concentração de enxofre, resultará em maior absorção desse nutriente, por isso a fonte sulfato de amônio proporcionou maior teor de enxofre.

**Tabela 8** – Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para o teor de enxofre foliar em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Fontes de N                   | Teor de S foliar em 2014/15 (g kg <sup>-1</sup> ) |                    |          |
|-------------------------------|---|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica                                  |                    |          |
|                               | Recomendada                                       | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 1,41Abc   | 1,43Ab             | 1,46Aa   |
| Sulfato de amônio             | 1,59Aa  | 1,61Aa             | 1,44Ba   |
| Ureia + sulfato de amônio     | 1,57Aab   | 1,53Aab            | 1,49Aa   |
| Ureia revestida               | 1,32Bc  | 1,47Aab            | 1,51Aa   |
| DMS variação dentro de fontes |   |                    | 0,14     |
| DMS fontes dentro de variação |   |                    | 0,16     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

Os teores médios de enxofre foliar nas duas safras estão dentro da faixa considerada adequada por Cantarella, Rajj e Camargo (1997) que é de 1,4 a 3,0 g kg<sup>-1</sup>. Dessa maneira, constata-se que não houve limitação desse nutriente para o adequado desenvolvimento da cultura.

A massa seca de plantas nas duas safras foi influenciada pela variação hídrica (Tabela 6). No primeiro ano houve menor valor de massa seca para o sequeiro em comparação aos tratamentos irrigados. Mauad, Crusciol e Grassi Filho (2011) e Ahadiyat, Hidayat e Susanto (2014) também verificaram menor produção de massa seca com menor disponibilidade de água. No segundo ano, o maior valor para essa variável ocorreu para a lâmina recomendada, seguida da lâmina de 75% da recomendada e sequeiro, ou seja, a medida que diminuiu a disponibilidade de água reduziu a massa seca das plantas. Cerqueira et al. (2013), He e Serraj (2012) e Crusciol, Soratto e Arf (2013) relataram menor massa seca de arroz de terras altas com a indução de estresse hídrico. Stone (1985) verificou que a medida que reduziu a disponibilidade de água diminuiu a massa seca de plantas de arroz, sendo, portanto, a menor massa seca com a menor quantidade de água fornecida.

Segundo Terra et al. (2013) as plantas com déficit hídrico apresentam diminuição na taxa fotossintética e conseqüentemente efeitos negativos na produção de biomassa e, por conseguinte, na altura. Além disso, a água está relacionada a vários processos que ocorrem dentro da planta, tal como o crescimento celular por meio da turgescência celular (MAUAD; CRUSCIOL; GRASSI FILHO, 2011).

Apenas na safra 2013/14 houve influência de cultivares sobre a massa seca, em que o cultivar IAC 202 apresentou maior valor, que pode ter ocorrido em função da diferença de cultivar quanto ao tipo de planta. Os cultivares do grupo moderno possuem alto perfilhamento (MAUAD; CRUSCIOL; GRASSI FILHO, 2011; BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998) enquanto cultivares do grupo intermediário como o BRS Esmeralda possuem perfilhamento médio (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998; CASTRO et al., 2014), e dessa forma poderia resultar em maior potencial de recuperação de estresses como altas temperaturas. Mauad, Crusciol e Grassi Filho (2011) ao avaliarem a massa seca de dois cultivares (Maravilha-grupo moderno e Caiapó-tradicional) relataram que o cultivar Maravilha produziu maior quantidade de matéria seca do que o cultivar Caiapó e afirmaram que provavelmente a maior produção de massa seca obtida pelo cultivar Maravilha está relacionada ao maior perfilhamento.

A massa seca de plantas da segunda safra também foi influenciada pela interação entre cultivar e fontes de nitrogênio (Tabela 6), em que nas fontes ureia e sulfato de amônio para o

cultivar IAC 202 houve maior massa seca em comparação ao BRS Esmeralda (Tabela 9). Esse efeito pode ser atribuído a resposta do arroz à adubação nitrogenada ser variável em função de vários aspectos, como a utilização de cultivares com resposta diferenciada ao nitrogênio, em que a eficiência de aquisição de nitrogênio por plantas depende de diversas variáveis, como cinética de absorção de N, atividade das enzimas de assimilação (nitrato redutase), acúmulo e remobilização de nitrato nos compartimentos de reserva (vacúolos), tamanho desse reservatório, manutenção de baixa atividade da nitrato redutase na fase vegetativa da planta, favorecendo o acúmulo de nitrato nos tecidos, e finalmente, capacidade de remobilizar e translocar esse nutriente para a formação de proteínas de reserva no grão (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

Além disso, o nitrogênio é importante para aumentar o número de perfilhos (FAGERIA, 1984; DARIO; DARIO, 2015) e dessa forma como os cultivares do grupo moderno possuem alto perfilhamento (MAUAD; CRUSCIOL; GRASSI FILHO, 2011; BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998) enquanto cultivares do grupo intermediário como o BRS Esmeralda possuem perfilhamento médio (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998; CASTRO et al., 2014), essas fontes de nitrogênio podem ter beneficiado esse cultivar em comparação ao cultivar BRS Esmeralda, pois segundo Fageria (1984) o aumento da matéria seca está relacionado principalmente com o aumento de perfilhos e índice de área foliar. Por outro lado, não houve diferença entre as fontes de N dentro de cada cultivar demonstrando que a fonte não interferiu na absorção de nitrogênio por cada cultivar e assim não interferiu na massa seca.

**Tabela 9** - Desdobramento da interação significativa entre cultivares e fontes de nitrogênio para massa seca de plantas de arroz em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Fontes de N                     | Massa seca parte aérea em 2014/15 (kg ha <sup>-1</sup> ) |               |
|---------------------------------|--|---------------|
|                                 | Cultivares   |               |
|                                 | IAC 202  | BRS Esmeralda |
| Ureia                           | 10.307Aa   | 9.100Ba       |
| Sulfato de amônio               | 10.401Aa   | 9.145Ba       |
| Ureia + Sulfato de amônio       | 9.513Aa  | 10.307Aa      |
| Ureia revestida                 | 9.368Aa  | 9.243Aa       |
| DMS cultivares dentro de fontes | 1.055  |               |
| DMS fontes dentro de cultivares | 1.288  |               |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

O teor de N na planta foi influenciado apenas na safra 2013/14 pela variação hídrica e cultivares (Tabela 10). Para a variação hídrica, ocorreu maior teor de N na planta no sequeiro, o qual pode ser atribuído ao efeito de diluição, já que esse tratamento apresentou também menor massa seca da planta. Stone, Libard e Reichard (1984b) ao estudar o efeito de lâminas de 55, 70, 85 e 100% da evapotranspiração, observaram maior teor de nitrogênio nos colmos e nas folhas para a lâmina de 55% em relação as outras lâminas. Stone, Libard e Reichard (1986) relataram aumento do teor de nitrogênio na planta de arroz com o incremento dos períodos de veranico, e relacionam isso a maior redução na taxa de crescimento. Por outro lado, Crusciol et al. (2003c), avaliando a interferência de lâminas de irrigação (lâminas com 50%, 100%, 150%, 195% da recomendada e sequeiro) em dois anos agrícolas sobre o teor de nitrogênio nas plantas de arroz de terras altas cultivar Carajás (grupo intermediário), verificaram que no primeiro ano não houve influência devido a maior disponibilidade de água oriunda da chuva, já no segundo ano, em que houve menor disponibilidade de água da chuva durante o desenvolvimento da planta até o florescimento, as lâminas com 50% da recomendada e sequeiro apresentaram menores teores. Semelhantemente, Crusciol et al. (2013) relataram maior teor de nitrogênio em plantas de arroz irrigado em comparação ao sequeiro.

Em relação aos cultivares, observa-se que o BRS Esmeralda, da mesma forma que ocorreu para o teor de nitrogênio foliar, apresentou maior teor de nitrogênio na planta (Tabela 10). Outros autores relataram essa influência entre cultivares para o teor de nitrogênio na planta. Stone, Libardi e Reichard (1984b), estudando o teor de nitrogênio presentes separadamente no colmo e nas folhas também verificaram diferenças entre os cultivares, em que o cultivar IET 1444 apresentou maior teor do que os cultivares IAC 47 e IRAT 13. Diferentemente, Crusciol et al. (2013) não observaram diferenças entre os cultivares Carajás e IAC 201 para o teor de nitrogênio em plantas de arroz de terras altas.

Da mesma forma que ocorreu no ano de 2014/15, o teor de nitrogênio das plantas não foi influenciado pelas lâminas de irrigação e sequeiro em experimento desenvolvido por Crusciol et al. (2003d) com o cultivar IAC 201.

Visando eliminar o efeito diluição, analisou-se o acúmulo de N na matéria seca da parte aérea da planta (Tabela 10). No primeiro ano de cultivo não houve diferença quanto aos fatores avaliados, enquanto que no segundo ano a quantidade de nitrogênio acumulada foi influenciada apenas pela variação hídrica, em que o menor valor ocorreu no sequeiro, fato que pode estar relacionado a menor massa seca obtida com esse tratamento. Esse resultado corrobora os obtidos por Crusciol et al. (2013), que o acúmulo de nitrogênio em plantas de arroz de terras altas foi maior com a irrigação do que em sequeiro. Em experimento desenvolvido por Crusciol

et al. (2003c), no ano com menor disponibilidade de água da chuva durante o desenvolvimento da planta até o florescimento, o sequeiro resultou em menor quantidade de nitrogênio acumulado em arroz de terras altas cultivar Carajás em comparação com a lâmina de 100% da evapotranspiração.

**Tabela 10** - Teor de nitrogênio na planta (N planta) e quantidade de nitrogênio acumulado na planta (Nacum.) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | N planta<br>(g kg <sup>-1</sup> ) |         | Nacum.<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |         |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------|----------------------------------|---------|
|                             | 2013/14                           | 2014/15 | 2013/14                          | 2014/15 |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |                                   |         |                                  |         |
| Recomendada                 | 15,11b                            | 16,30   | 131,91                           | 181,99a |
| 75% da Recomendada          | 15,57b                            | 16,83   | 128,46                           | 169,03a |
| Sequeiro                    | 17,77a                            | 17,11   | 126,24                           | 131,47b |
| DMS                         | 1,52                              | 2,43    | 22,11                            | 23,07   |
| <b>CULTIVARES</b>           |                                   |         |                                  |         |
| IAC 202                     | 15,62b                            | 16,55   | 130,66                           | 160,61  |
| BRS Esmeralda               | 16,68a                            | 16,94   | 127,08                           | 161,04  |
| DMS                         | 0,54                              | 2,01    | 10,54                            | 26,43   |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |                                   |         |                                  |         |
| Ureia                       | 16,35                             | 16,52   | 127,19                           | 159,40  |
| Sulfato de amônio           | 15,79                             | 17,17   | 126,15                           | 166,35  |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 15,93                             | 16,51   | 125,41                           | 160,13  |
| Ureia revestida             | 16,53                             | 16,78   | 136,72                           | 157,42  |
| DMS                         | 1,04                              | 1,29    | 13,88                            | 21,66   |
| <b>F</b>                    |                                   |         |                                  |         |
| Bloco (B)                   | 4,43ns                            | 0,16ns  | 9,00*                            | 2,78ns  |
| Variação hídrica (VH)       | 16,42**                           | 0,72ns  | 0,31ns                           | 32,83** |
| CV (%)                      | 12,30                             | 14,14   | 22,37                            | 13,95   |
| Cultivares (C)              | 23,50**                           | 0,29ns  | 0,69ns                           | 0,01ns  |
| VH x C                      | 0,75ns                            | 0,99ns  | 4,91ns                           | 0,19ns  |
| CV (%)                      | 6,66                              | 18,35   | 16,38                            | 25,11   |
| Fontes de N (F)             | 1,55ns                            | 0,85ns  | 2,03ns                           | 0,46ns  |
| VH x F                      | 0,65ns                            | 0,53ns  | 1,41ns                           | 0,46ns  |
| C x F                       | 0,91ns                            | 1,07ns  | 0,63ns                           | 0,28ns  |
| VH x C x F                  | 0,62ns                            | 0,76ns  | 0,88ns                           | 1,30ns  |
| CV (%)                      | 8,44                              | 8,57    | 14,10                            | 15,03   |
| Média                       | 16,15                             | 16,75   | 128,87                           | 160,83  |

\*\* , \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

### **4.1.3 Altura, acamamento e número de panículas**

Na Tabela 11 estão apresentados os dados médios de altura de plantas, acamamento e panículas por m<sup>2</sup> de arroz de terras altas. Houve interação significativa entre variação hídrica e cultivares para a altura de plantas nos dois anos de cultivo e para o acamamento de plantas na safra 2014/15.

A altura de um cultivar de arroz é avaliada pela distância entre o nível do solo e a extremidade mais alta da panícula na fase de maturação dos grãos (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998). Assim, nesta avaliação, observando variação hídrica dentro de cultivares em 2013/14 (Tabela 12), verifica-se que no cultivar IAC 202 o sequeiro proporcionou maior altura do que os tratamentos irrigados. Isso pode ter ocorrido devido as altas temperaturas que incidiram sobre as plantas irrigadas de IAC 202 durante o período final de formação da panícula, período que pode ter coincido com o alongamento dos entrenós. De acordo com Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) temperaturas acima de 30°C diminuem a fotossíntese líquida devido a maior fotorrespiração e respiração, e dessa forma pode ter contribuído para o menor alongamento do colmo. Enquanto que o florescimento do IAC no sequeiro não coincidiu com período de altas temperaturas e ocorreu adequada precipitação pluvial.

**Tabela 11** - Altura (ALT), acamamento (ACAM) e panículas por m<sup>2</sup> (PAN) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio em arroz de terras altas. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | ALT     |          | ACAM <sup>1</sup> |         | PAN                      |         |
|-----------------------------|---------|----------|-------------------|---------|--------------------------|---------|
|                             | (cm)    |          | (notas)           |         | (número m <sup>2</sup> ) |         |
|                             | 2013/14 | 2014/15  | 2013/14           | 2014/15 | 2013/14                  | 2014/15 |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |         |          |                   |         |                          |         |
| Recomendada                 | 80,58   | 117,12   | 0                 | 2,09    | 166,93                   | 299,29a |
| 75% da Recomendada          | 74,48   | 113,83   | 0                 | 1,22    | 142,26                   | 318,03a |
| Sequeiro                    | 80,96   | 101,6    | 0                 | 0,00    | 155,72                   | 261,34b |
| DMS                         | 3,65    | 4,95     | -                 | 1,33    | 43,68                    | 32,75   |
| <b>CULTIVARES</b>           |         |          |                   |         |                          |         |
| IAC 202                     | 76,56   | 103,86   | 0                 | 0,00    | 140,24b                  | 291,43  |
| BRS Esmeralda               | 80,79   | 117,85   | 0                 | 2,21    | 169,70a                  | 294,35  |
| DMS                         | 2,27    | 2,47     | -                 | 0,86    | 25,13                    | 19,76   |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |         |          |                   |         |                          |         |
| Ureia                       | 79,58   | 110,19   | 0                 | 1,17    | 158,05                   | 289,17  |
| Sulfato de amônio           | 78,56   | 111,28   | 0                 | 1,13    | 154,17                   | 297,5   |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 77,95   | 110,79   | 0                 | 1,29    | 158,33                   | 298,81  |
| Ureia revestida             | 78,61   | 111,15   | 0                 | 0,83    | 149,33                   | 286,07  |
| DMS                         | 2,28    | 2,96     | -                 | 0,72    | 25,37                    | 24,7    |
| <b>F</b>                    |         |          |                   |         |                          |         |
| Bloco                       | 5,66*   | 4,79*    | -                 | 2,70ns  | 2,90ns                   | 4,23ns  |
| Varição hídrica (VH)        | 18,70** | 51,27**  | -                 | 12,67** | 1,51ns                   | 14,63** |
| CV (%)                      | 6,05    | 5,83     | -                 | 51,52   | 36,76                    | 14,58   |
| Cultivares (C)              | 20,83** | 192,28** | -                 | 43,29** | 8,23*                    | 0,13ns  |
| VH x C                      | 19,93** | 8,03*    | -                 | 12,67** | 0,27ns                   | 0,84ns  |
| CV (%)                      | 5,78    | 4,46     | -                 | 51,52   | 32,46                    | 13,50   |
| Fontes de N (F)             | 1,22ns  | 0,38ns   | -                 | 0,83ns  | 0,39ns                   | 0,89ns  |
| VH x F                      | 0,86ns  | 1,29ns   | -                 | 0,63ns  | 0,72ns                   | 0,45ns  |
| C x F                       | 2,68ns  | 0,87ns   | -                 | 0,83ns  | 0,58ns                   | 0,76ns  |
| VH x C x F                  | 2,17ns  | 0,29ns   | -                 | 0,63ns  | 2,08ns                   | 0,91ns  |
| CV (%)                      | 3,80    | 3,49     | -                 | 28,08   | 21,42                    | 11,04   |
| Média                       | 78,67   | 110,85   | 0                 | 1,10    | 154,97                   | 292,89  |

\*\*, \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. <sup>(a)</sup> Escala de notas para acamamento: 0 (sem acamamento), 1 (até 5% de plantas acamadas), 2 (5 a 25%), 3 (25 a 50%), 4 (50 a 75%) e 5 (75 a 100% de plantas acamadas); <sup>(b)</sup> para a análise estatística os dados foram transformados em  $(x+0,5)^{0,5}$

Fonte: Dados da própria autora.

**Tabela 12** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para altura de plantas em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Cultivares                        | Altura de plantas em 2013/14 (%) |                    |          |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------|
|                                   | Recomendada                      | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                           | 74,33Bb                          | 74,19Ba            | 81,15Aa  |
| BRS Esmeralda                     | 86,83Aa                          | 74,77Ca            | 80,77Ba  |
| DMS variação dentro de cultivares |                                  |                    | 4,39     |
| DMS cultivares dentro de variação |                                  |                    | 3,93     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

A fase reprodutiva do arroz corresponde ao período compreendido entre a iniciação do primórdio da panícula ao florescimento, morfologicamente caracterizado pela alongação dos entrenós e desenvolvimento da panícula (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). De acordo com Murata e Matsushima (1978) durante o processo de formação da panícula, ocorrem vários processos simultaneamente, como crescimento foliar e radicular, alongação do colmo e diferenciação e desenvolvimento da panícula, ocorrendo a competição por assimilados entre as folhas, raiz, colmo e panícula. Ainda segundo esses autores, aproximadamente 60% dos fotoassimilados são usados no alongamento dos entrenós superiores. Dessa forma, entende-se que qualquer estresse durante o estágio reprodutivo pode resultar em algum efeito na planta, como o que aconteceu com o cultivar IAC 202, que mesmo na presença de irrigação houve menor altura em comparação ao sequeiro, que pode estar associado as altas temperaturas que ocorreram durante esta fase, pois segundo Fornasieri e Fornasieri Filho (2006) e Taiz e Zeiger (2013) altas temperaturas podem interferir na eficiência fotossintética.

A eficiência fotossintética pode ser entendida como fotossíntese líquida, a qual é determinada pela fotossíntese bruta subtraindo a fotorrespiração e a respiração. Dessa forma a fotorrespiração e a respiração são processos que diminuem a fotossíntese líquida, porque são processos que liberam  $\text{CO}_2$ . A fotorrespiração é influenciada por condições climáticas como estresse hídrico e aumento de temperatura. A fotossíntese líquida em arroz aumenta com o aumento da temperatura até  $30^\circ\text{C}$ , e a partir desta temperatura ocorre um decréscimo devido a contribuição da fotorrespiração (FORNASIERI; FORNASIERI FILHO, 2006). Quanto a respiração, em temperaturas acima do ponto de compensação, a fotossíntese não consegue repor o carbono usado como substrato para respiração, resultando em diminuição das reservas de carboidratos. Além disso, o aumento das taxas de respiração em relação a fotossíntese, devido a temperaturas elevadas são mais prejudiciais em plantas C3, como o arroz, pois as taxas de

respiração no escuro e da fotorrespiração crescem em plantas C3 submetidas a temperaturas mais altas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Yoshida (1981) afirma que altas temperaturas podem reduzir a altura de plantas. Martins, Gheyi e Fageria (1981) verificaram redução na altura de plantas de arroz com o aumento da temperatura.

Quanto ao efeito da variação hídrica para o cultivar BRS Esmeralda (Tabela 12), a lâmina recomendada promoveu a maior altura, seguida pelo sequeiro e 75% da lâmina recomendada. Essa diferença pode estar associada a diferença varietal, pois de acordo com Yoshida (1981) diferenças varietais afetam a tolerância a temperaturas altas em diferentes estádios de crescimento, uma vez que, uma variedade pode ser muito tolerante a altas temperaturas em um estágio de crescimento, mas suscetível em outro. O alongamento do colmo do BRS Esmeralda na lâmina de 75% da recomendada pode ter coincidido com o período de altas temperaturas, pois esse evento ocorre antes do florescimento e o florescimento ocorreu um dia após esse período. Rodrigues, Soratto e Arf (2004), Silva (2012), Crusciol et al. (2006), Artigiani et al. (2012) também verificaram menor altura de plantas no sequeiro em comparação ao irrigado, que de acordo com Crusciol et al. (2006) pode ser explicado pela baixa absorção de nutriente, o qual afeta a divisão e crescimento celular. Vela et al. (2013) observando o efeito do sequeiro e lâminas de 50, 100, 150 e 200% da ETc em relação à altura de plantas, os dados ajustaram-se ao modelo quadrático com máxima altura com aplicação de 177,30% da ETc, ou seja, ocorreu um aumento da altura das plantas com a utilização e aumento da irrigação. Dutra et al. (2014) relataram aumento linear da altura com aumento da disponibilidade de água, ao utilizar as lâminas de L1= 70; L2= 80; L3= 90 e L4= 100% de água disponível.

Em relação ao desdobramento de cultivar dentro de variação hídrica na safra 2013/14 (Tabela 12), nota-se que na lâmina recomendada o cultivar BRS Esmeralda apresentou maior altura do que o IAC 202. Isso demonstra que dentro de condições ideais de disponibilidade de água, a altura de plantas do cultivar BRS Esmeralda situou-se próximo da altura média descrita para esse cultivar que é entre 95 e 108 cm. Essa diferença entre os cultivares deve-se a arquitetura das plantas de cada cultivar, em que o cultivar BRS Esmeralda é classificado como intermediário e o IAC 202 como de baixo porte (moderno). Alvarez et al. (2005) também verificaram maior altura de plantas com o cultivar Primavera (grupo intermediário) em relação ao cultivar Maravilha (grupo moderno) em condição irrigada.

Analisando o desdobramento de variação hídrica dentro de cultivar na safra 2014/15 (Tabela 13), nota-se que para o cultivar IAC 202, a maior altura ocorreu com a lâmina recomendada, seguida pela lâmina de 75% recomendada, e a menor altura foi no sequeiro; já para o cultivar BRS Esmeralda não houve diferença entre as lâminas recomendada e 75% da

recomendada, as quais proporcionaram maior altura de planta do que o sequeiro. Crusciol et al. (2003b) em trabalho realizado com variações hídricas em arroz de terras altas com o cultivar Caiapó, com os tratamentos constituídos por sequeiro, lâminas de 50, 100, 150 e 195% da recomendada, verificaram que a diminuição na disponibilidade de água reduziu a altura da planta. Terra et al. (2013) concluíram que o estresse de seca contribuiu para a redução na altura da planta, e explicaram que plantas de arroz de terras altas submetidas a estresse de seca, em geral, apresentam redução na taxa fotossintética e refletindo em efeitos negativos na produção de biomassa e, conseqüentemente, na altura. Stone, Libardi e Reichardt (1984a), analisando o efeito de lâminas de 55, 70, 85 e 100% da evapotranspiração, verificaram que o aumento da disponibilidade de água aumentou a altura das plantas de arroz de terras altas.

**Tabela 13** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para altura de plantas em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivares                        | Altura de plantas em 2014/15 (%) |                    |          |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------|
|                                   | Variação hídrica                 |                    |          |
|                                   | Recomendada                      | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                           | 110,33Ab                         | 104,27Bb           | 96,98Cb  |
| BRS Esmeralda                     | 123,92Aa                         | 123,40Aa           | 106,23Ba |
| DMS variação dentro de cultivares |                                  |                    | 5,50     |
| DMS cultivares dentro de variação |                                  |                    | 4,27     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Quanto ao desdobramento de cultivar dentro de variação hídrica (Tabela 13), observa-se que em todas as variações hídricas o cultivar BRS Esmeralda resultou em maior altura do que o IAC 202. Isso ocorreu devido a diferença genética, já que o BRS Esmeralda é uma planta do tipo intermediário (porte intermediário), enquanto o IAC é do tipo moderno (baixo porte). De forma semelhante, Mingotte, Hanashiro e Fornasieri Filho (2013) relataram maior altura do cultivar Primavera (grupo intermediário) em relação ao IAC 202 em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Crusciol et al. (2006) obtiveram resultado de maior altura de plantas para o cultivar Carajás do que para o IAC 201. Stone, Libardi e Reichardt (1984a) ao realizar experimento com lâminas de 55, 70, 85 e 100% da evapotranspiração com os cultivares IAC 47, IRAT 13 e IET 1444, observaram que em todas as lâminas os cultivares IRAT 13 e IET 1444 apresentaram menor altura do que o cultivar IAC 47.

O acamamento é uma característica agrônômica que possui diversos efeitos adversos durante o cultivo e geralmente, segundo Colombari Filho e Rangel (2015), as plantas mais altas

tendem a ser mais susceptíveis ao acamamento que plantas mais baixas, para suportar o mesmo peso de panícula, pois a maior distância da panícula do nível do solo faz com que a força que a panícula exerce na base do colmo seja maior. No entanto, o acamamento não depende apenas da altura, como também do diâmetro e resistência do colmo, do nível de adesão das bainhas aos entrenós, da produtividade e de fatores ambientais, como a intensidade dos ventos e a disponibilidade de água (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998). O acamamento reduz a seção transversal dos feixes vasculares, e dessa forma, diminui o movimento dos fotoassimilados e dos nutrientes absorvidos pelas raízes e, conseqüentemente a produção de arroz diminui. Além disto, aumenta o auto-sombreamento, contribuindo para maior esterilidade de grãos (FAGERIA, 1989; GUIMARÃES; FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2002). Entre os prejuízos, o acamamento causa diminuição do rendimento na colheita, aumento do custo dessa operação, perda de grãos no solo e redução na qualidade do produto. Os grãos ficam sujos externamente, podendo ficar manchados devido ao ataque de fungos. A maturação é desuniforme e reduz-se a porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998).

Na primeira safra de cultivo não foi constatado acamamento, no entanto na segunda safra houve acamamento de até 100%, o que pode estar relacionado a fertilidade do solo, pois conforme observado na Tabela 1, no segundo ano o arroz foi cultivado em solo mais fértil. Assim, analisando o desdobramento de variação hídrica dentro de cultivar (Tabela 14), houve influência da variação hídrica apenas no cultivar BRS Esmeralda, em que a maior disponibilidade de água (lâmina recomendada) promoveu o maior acamamento, seguida por 75% da lâmina recomendada e, pelo sequeiro que não houve acamamento. Crusciol et al. (2006) também não constataram acamamento em arroz cultivado em sequeiro, enquanto que no arroz irrigado foi verificado. Crusciol et al. (2003b), estudando o efeito de lâminas de água (sequeiro, L1=baseada em 0,5 do coeficiente da cultura ( $K_c$ ), L2= baseada no  $K_c$  da cultura, L3=1,5 do  $K_c$  ; L4=1,95 do  $K_c$ ) com o cultivar Caiapó (grupo tradicional) observaram que a maior altura refletiu no acamamento que apresentou maior valor (75 a 100% de plantas acamadas) na maior lâmina (L4), ou seja, quanto maior a disponibilidade de água, maior é o acamamento em cultivares mais altos.

Quanto ao desdobramento de cultivar dentro de variação hídrica (Tabela 14), o cultivar BRS Esmeralda nas lâminas recomendada e 75% da recomendada obteve maior acamamento em comparação ao IAC 202. Esse resultado está associado a maior disponibilidade de água e ao grupo a que pertence o BRS Esmeralda, grupo de arquitetura intermediária, que em determinadas condições, tais como alta fertilidade e boa disponibilidade de água pode resultar

em maior crescimento e resultar em acamamento das plantas. Alves et al. (2015), utilizando os mesmos cultivares em cultivo sob irrigação por aspersão, verificaram que não ocorreu acamamento para o cultivar IAC 202, enquanto que para o BRS Esmeralda ocorreu.

**Tabela 14** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para acamamento de plantas em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivares                        | Acamamento em 2014/15 (notas) |                    |          |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|----------|
|                                   | Recomendada                   | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                           | 0Ab                           | 0Ab                | 0Aa      |
| BRS Esmeralda                     | 4,19Aa                        | 2,44Ba             | 0Ca      |
| DMS variação dentro de cultivares |                               |                    | 1,64     |
| DMS cultivares dentro de variação |                               |                    | 1,50     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

A produção é a parte da planta a qual há valor econômico, que no caso do arroz e de outras culturas, são os grãos. A produção do arroz é determinada principalmente pelos componentes de produção como, número de panículas  $m^{-2}$ , número de grãos por panícula, número de grãos cheios por panícula e massa dos grãos (FAGERIA, 1989).

O número de panículas  $m^{-2}$  (Tabela 11) no primeiro ano de cultivo variou com os cultivares, com o cultivar BRS Esmeralda se destacando com maior valor. Guimarães, Stone e Neves (2008) também verificaram diferenças no número de panículas entre os cultivares, cujo cultivar Metica 1 teve maior valor do que os demais avaliados. Boldieri, Cazzetta e Fornasieri Filho (2010) também verificaram efeito do cultivar sobre o número de panículas  $m^{-2}$ , em que o cultivar Carisma obteve maior valor, e atribuíram esse efeito diferencial como característica definida geneticamente e influenciada por fatores ambientais desse componente de produção. Fageria, Barbosa Filho e Garber (1982) verificaram que o número de panículas por área depende da densidade de plantio, níveis de nutrientes no solo e cultivares. Hernandez et al. (2010) observaram maior número de panículas  $m^{-2}$  para o cultivar BRSMG Curinga em relação ao IAC 202 e relataram que ficou evidenciada a maior capacidade de perfilhamento do cultivar BRSMG Curinga. O que não ocorreu neste experimento, em que o cultivar com maior capacidade de perfilhamento não proporcionou maior número de panículas, que pode estar relacionado a menor quantidade de colmos que possuíam panículas, ou seja, apesar do maior perfilhamento observado visualmente havia também maior quantidade de colmos inférteis do

que o BRS Esmeralda. Além disso o cultivar IAC 202 pode ter sido mais prejudicado pela temperatura elevada do que o cultivar BRS Esmeralda.

Em relação a variação hídrica na primeira safra, nota-se que não houve influência sobre o número de panículas  $m^{-2}$ . De maneira semelhante, Crusciol et al. (2006), relataram que o número de panículas por metro quadrado não foi influenciado pelo sistema de cultivo (sequeiro e irrigado) em dois anos experimentais, ou seja, a água disponível não foi limitante para o perfilhamento e para a transformação de gemas vegetativas para gemas reprodutivas. Semelhantemente, Artigiani et al. (2012) não verificaram diferenças entre o arroz cultivado em sequeiro e o irrigado. Souza (2003) não verificou diferenças no número de panículas  $m^{-2}$  com os tratamentos de sequeiro e lâminas de irrigação. Crusciol et al. (2003b) ao analisar as lâminas de irrigação sendo sequeiro, e lâminas baseadas nos coeficientes de cultura de 0,5; 1,0; 1,5 e 1,95 do considerado adequado para o arroz, perceberam que o número de colmos e de panículas por metro quadrado não foram afetados significativamente pelos tratamentos, apesar de ter ocorrido menor transformação das gemas vegetativas em reprodutivas no tratamento de sequeiro em relação a lâmina 1 (0,5 do Kc).

No ano de 2014/15 houve diferença entre a variação hídrica (Tabela 11), sendo que os tratamentos irrigados proporcionaram maior número de panícula em comparação com o sequeiro. Pinheiro et al. (1985) relataram superior número de panículas  $m^{-2}$  no experimento desenvolvido com irrigação em relação ao desenvolvido sob condições de sequeiro (suprimento de água dependia da precipitação). Vela et al. (2013), trabalhando com as lâminas de 0, 50, 100, 150 e 200% da evapotranspiração, relataram que os tratamentos com irrigação repercutiram em aumento quadrático do número de panículas por metro quadrado até a lâmina estimada de 177% da evapotranspiração. Rodrigues, Soratto e Arf (2004) afirmaram que a deficiência hídrica intensa leva à dormência das gemas axilares, sendo que se a deficiência hídrica persiste até a transformação da gema vegetativa em reprodutiva, ou seja, momento da passagem da fase vegetativa para a reprodutiva, o número de panículas por área é afetado.

Ainda nesse ano agrícola, não ocorreu diferença entre os cultivares (Tabela 11). Alvarez et al. (2005) e Alvarez, Crusciol e Nascente (2012) ao analisar o número de panículas em arroz também não constataram diferenças entre os cultivares, apesar destes possuírem características distintas quanto à capacidade de perfilhamento, em que o Caiapó e Primavera possuem média capacidade e o Maravilha alta capacidade de perfilhamento. Da mesma forma, Mingotte et al. (2015) não verificaram diferenças entre os doze cultivares de arroz sobre o número de panículas  $m^{-2}$ , dentre os cultivares estavam Primavera, IAC 202 e Caiapó.

#### 4.1.4 Espiguetas totais, cheias e vazias por panícula

Os componentes de produção de espiguetas totais, espiguetas cheias e espiguetas vazias por panícula estão apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15** - Espiguetas totais por panícula (ETP), espiguetas cheias por panícula (ECP) e espiguetas vazias por panícula (EVP) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio em arroz de terras altas. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | ETP<br>(n° pan <sup>-1</sup> ) |          | ECP<br>(n°) |          | EVP<br>(n°) |          |
|-----------------------------|--------------------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                             | 2013/14                        | 2014/15  | 2013/14     | 2014/15  | 2013/14     | 2014/15  |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |                                |          |             |          |             |          |
| Recomendada                 | 154,06                         | 146,9    | 113,43      | 123,09   | 40,64b      | 23,81    |
| 75% da Recomendada          | 141,58                         | 143,36   | 79,00       | 121,60   | 62,58a      | 21,77    |
| Sequeiro                    | 182,23                         | 172,38   | 124,46      | 138,94   | 57,77a      | 33,44    |
| DMS                         | 14,37                          | 18,12    | 20,62       | 18,17    | 13,65       | 6,58     |
| <b>CULTIVARES</b>           |                                |          |             |          |             |          |
| IAC 202                     | 188,19                         | 173,51   | 126,91      | 142,72   | 61,28a      | 30,80    |
| BRS Esmeralda               | 130,39                         | 134,91   | 84,34       | 113,03   | 46,05b      | 21,88    |
| DMS                         | 7,86                           | 5,13     | 5,95        | 4,21     | 9,06        | 2,10     |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |                                |          |             |          |             |          |
| Ureia                       | 157,72                         | 153,36   | 105,47      | 128,18   | 52,25       | 25,18    |
| Sulfato de amônio           | 158,46                         | 151,70   | 105,38      | 124,76   | 53,09       | 26,94    |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 163,77                         | 154,74   | 105,68      | 128,72   | 58,09       | 26,02    |
| Ureia revestida             | 157,20                         | 157,06   | 105,98      | 129,83   | 51,22       | 27,22    |
| DMS                         | 11,83                          | 13,10    | 12,95       | 12,07    | 10,11       | 5,38     |
| <b>F</b>                    |                                |          |             |          |             |          |
| Blocos (B)                  | 5,47*                          | 1,71ns   | 1,30ns      | 2,11ns   | 3,64ns      | 3,61ns   |
| Variação hídrica (VH)       | 39,48**                        | 14,37**  | 24,89**     | 5,27*    | 13,43**     | 16,92**  |
| CV (%)                      | 11,77                          | 15,32    | 25,45       | 18,53    | 33,18       | 32,56    |
| Cultivares (C)              | 324,29**                       | 338,62** | 306,26**    | 298,02** | 16,93**     | 108,01** |
| VH x C                      | 31,21**                        | 51,76**  | 24,97**     | 16,84**  | 3,09ns      | 214,31** |
| CV (%)                      | 9,87                           | 6,66     | 11,28       | 6,59     | 33,80       | 15,95    |
| Fontes de N (F)             | 0,92ns                         | 0,42ns   | 0,01ns      | 0,46ns   | 1,28ns      | 0,42ns   |
| VH x F                      | 2,44*                          | 2,50*    | 1,10ns      | 1,53ns   | 2,00ns      | 2,67*    |
| C x F                       | 3,95*                          | 2,60ns   | 1,85ns      | 0,93ns   | 0,53ns      | 1,17ns   |
| VH x C x F                  | 1,08ns                         | 1,60ns   | 1,60ns      | 1,75ns   | 0,63ns      | 0,30ns   |
| CV (%)                      | 9,72                           | 11,11    | 16,04       | 12,35    | 24,65       | 26,74    |
| Média                       | 159,29                         | 154,21   | 105,63      | 127,87   | 53,66       | 26,34    |

\*\* , \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

O número de espiguetas totais por panícula foi influenciado pelas interações entre variação hídrica e cultivares e entre variação hídrica e fontes de N nas duas safras e também pela interação entre cultivar e fontes de N na primeira safra (Tabela 15).

Avaliando a interação de variação hídrica e cultivares na primeira safra (Tabela 16), observa-se que para o desdobramento de variação hídrica dentro de cultivares, o número de espiguetas totais por panícula foi maior para o sequeiro, seguido da lâmina recomendada e pela lâmina de 75% da recomendada no cultivar IAC 202, enquanto para o cultivar BRS Esmeralda não houve diferença entre as variações hídricas. O sequeiro produzir maior quantidade de espiguetas por panícula no cultivar IAC 202 pode estar associado a adequada precipitação que ocorreu na época do florescimento que, associado a temperaturas mais baixas do que quando ocorreu próximo ao florescimento (fase reprodutiva) na lâmina recomendada e 75% recomendada podem ter contribuído para esse resultado, além disso a menor disponibilidade de água na lâmina de 75% da recomendada pode ter contribuído para o menor valor. Isso ocorreu porque o número de espiguetas por panícula ou por unidade de área é influenciado pela densidade de plantio, adubação, cultivar, radiação solar, temperatura (FAGERIA, 1984, 1989), disponibilidade de água e cultivar (GUIMARÃES; FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2002), sendo que o número de espiguetas por panícula é determinado no estágio reprodutivo da cultura (FAGERIA, 1984).

**Tabela 16** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas totais por panícula em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Cultivares                        | Espiguetas Totais por panícula em 2013/14 (n°) |                    |          |
|-----------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                   | Variação hídrica                               |                    |          |
|                                   | Recomendada                                    | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                           | 177,60Ba                                       | 158,35Ca           | 228,63Aa |
| BRS Esmeralda                     | 130,53Ab                                       | 124,81Ab           | 135,82Ab |
| DMS variação dentro de cultivares |  |                    | 16,33    |
| DMS cultivares dentro de variação |  |                    | 13,61    |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

Satake e Yoshida (1978) verificando o efeito de cinco dias com a temperatura de 35°C sobre plantas de arroz em diferentes épocas, relataram que a planta de arroz é mais sensível a alta temperatura na época da exsção da panícula/florescimento e a segunda época mais sensível é 9 dias antes da exsção da panícula/florescimento, além disso relataram diferenças

entre cultivares quanto a tolerância a altas temperaturas. Da mesma maneira que aconteceu com o cultivar BRS Esmeralda, Crusciol et al. (2003b) não verificaram diferenças entre lâminas para o número de espiguetas por panícula, ao avaliar as lâminas L1 (0,5 vezes o Kc), L2 (1,0 vezes o Kc), L3 (1,5 vezes o Kc), L4 (Kc=1,95) e sequeiro com o cultivar Caiapó, sendo que a deficiência hídrica ocorreu durante a fase vegetativa. Em relação ao desdobramento de cultivar dentro de lâminas, em todas as lâminas o cultivar IAC 202 resultou em maior valor. Isso se deve a diferença genética, estando de acordo com os dados de Alvarez et al. (2005) e Alvarez, Crusciol e Nascente (2012) que verificaram diferenças para o número de espiguetas por panícula entre três cultivares de arroz de terras altas avaliados em condições irrigadas, Caiapó (grupo tradicional), Primavera (grupo intermediário) e Maravilha (grupo moderno), em que o cultivar Primavera apresentou maior número, e relataram que essas diferenças, provavelmente, são intrínsecas às cultivares, ou seja, estão diretamente relacionadas às características genéticas.

Ainda na primeira safra, no desdobramento de variação hídrica dentro de fontes de N (Tabela 17), constatou-se que nas fontes ureia e ureia+sulfato de amônio, o sequeiro proporcionou maior número de espiguetas totais por panícula, na fonte sulfato de amônio, o sequeiro também apresentou o maior valor mas não foi diferente da lâmina recomendada, e na ureia revestida, o sequeiro resultou em maior valor, seguido da lâmina recomendada e 75% da lâmina recomendada. Quanto as fontes dentro de variação hídrica, não houve diferenças. Oi (2008) ao analisar a influência da ureia e entec (sulfonitrato de amônio com inibidor de urease) não observou diferenças para o número total de grãos por panícula. A indiferença quanto as fontes ureia e sulfato de amônio pode estar relacionada a sua eficiência de aproveitamento que, de acordo com Fageria et al. (2014) geralmente, o arroz de terras altas recupera 33% do N da fonte de sulfato de amônio e 37% da fonte de ureia, sendo assim, uma grande parte do N é perdido do sistema solo-planta. Hernandez et al. (2010) verificaram que o número de espiguetas granadas por panícula não foi influenciado pelas fontes ureia, sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação (Entec®) e sulfato de amônio em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Os autores explicaram que a não diferença entre as fontes de N pode ser atribuída ao fato da baixa perda de amônia por volatilização com a aplicação de ureia, já que o pH do solo se encontrava baixo ( $\text{pH CaCl}_2 = 4,7$ ) e da irrigação logo após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados. Também relataram que no caso do sulfonitrato de amônio (entec), as temperaturas superiores a 25°C durante o período de condução do trabalho prejudicaram a inibição da nitrificação, uma vez que, segundo o fabricante desse fertilizante, a temperatura ideal para tal inibição é de 20°C.

**Tabela 17** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para espiguetas totais por panícula em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Fontes de N                   | Espiguetas Totais por panícula em 2013/14 (n°) |                                       |          |
|-------------------------------|--|---------------------------------------|----------|
|                               | Recomendada                                    | Varição hídrica<br>75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 143,15Ba                                       | 148,55Ba                              | 181,47Aa |
| Sulfato de amônio             | 159,38ABa                                      | 144,13Ba                              | 171,89Aa |
| Ureia + Sulfato de amônio     | 160,85Ba                                       | 142,12Ba                              | 188,34Aa |
| Ureia revestida               | 152,88Ba                                       | 131,53Ca                              | 187,20Aa |
| DMS variação dentro de fontes |  | 19,94                                 |          |
| DMS fontes dentro de variação |  | 20,50                                 |          |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Analisando o desdobramento da interação cultivar e fontes de N na safra 2013/14 para o número de espiguetas totais por panícula (Tabela 18), nota-se que o cultivar IAC 202 resultou em maior valor em todas as fontes de nitrogênio avaliadas, o que está relacionado a diferença genética relatada anteriormente. Mingotte, Hanashiro e Fornasieri Filho (2013) também verificaram diferenças entre cultivares para o número de espiguetas por panícula. Já para fontes dentro do cultivar IAC 202, a ureia revestida proporcionou menor número em relação a ureia+sulfato de amônio, no entanto não houve diferenças entre a ureia, sulfato de amônio e ureia revestida, o que talvez possa estar relacionado a diferença de absorção de nitrogênio por cada cultivar pois a ureia revestida pode ter demorado um pouco mais para disponibilizar totalmente no solo, enquanto que para o cultivar BRS Esmeralda não houve diferenças. Esses resultados corroboram os dados de Lopes et al. (2013), avaliando o efeito de fontes de nitrogênio em arroz de terras altas cultivar IAC 202 com irrigação suplementar por aspersão, não verificaram diferenças entre as fontes avaliadas, que foram ureia, sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação e sulfato de amônio. Cobucci et al. (2010) relataram que o número de espiguetas por panícula não foi afetado pelas fontes de nitrogênio (ureia, ureia revestida com Policote<sup>®</sup>) nas diversas doses estudadas 15, 30 e 60 kg N ha<sup>-1</sup>. Mingotte, Hanashiro e Fornasieri Filho (2013) ao analisar doses de nitrogênio em cobertura e cultivares de arroz, concluíram que há variabilidade genética entre os cultivares de arroz no comportamento agrônomo frente ao nitrogênio aplicado.

**Tabela 18** - Desdobramento da interação significativa entre cultivares e fontes de nitrogênio para espiguetas totais por panícula em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Fontes de N                     | Espiguetas Totais por panícula em 2013/14 (n°) |               |
|---------------------------------|--|---------------|
|                                 | Cultivares                                     |               |
|                                 | IAC 202  | BRS Esmeralda |
| Ureia                           | 183,94Aab                                      | 131,51Ba      |
| Sulfato de amônio               | 191,73Aab                                      | 125,20Ba      |
| Ureia + sulfato de amônio       | 198,58Aa                                       | 128,96Ba      |
| Ureia revestida                 | 178,53Ab                                       | 135,87Ba      |
| DMS cultivares dentro de fontes |  | 12,76         |
| DMS fontes dentro de cultivares |  | 16,73         |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Na safra 2014/15, analisando variação hídrica dentro de cultivares (Tabela 19), verifica-se que no cultivar IAC 202 em sequeiro houve maior número de espiguetas por panícula em relação aos tratamentos irrigados, o que pode estar associado a precipitação adequada na época do florescimento e também a menor quantidade de panículas  $m^{-2}$  obtida nesse ano para o sequeiro, que pode ser compensada pela maior produção de grãos. Esse resultado corrobora os obtidos por Crusciol et al. (2003a) em que o número de espiguetas foi maior valor no sequeiro, em média, 9,1% superior aos tratamentos irrigados. Os autores relataram que o resultado se deve, provavelmente, ao menor número de panículas  $m^{-2}$  verificado nesse tratamento, possibilitando assim, a formação de panículas maiores, com maior número de espiguetas, já que durante a formação da panícula não houve deficiência hídrica, utilizando o cultivar IAC 201.

Rodrigues, Soratto e Arf (2004), observaram que de modo geral, pode-se verificar que os tratamentos que tiveram maior número de panículas por metro quadrado, foram os que apresentaram o menor número de espiguetas por panícula. Os dados do BRS Esmeralda estão de acordo com os de Artigiani et al. (2012) que não verificaram diferenças na quantidade de espiguetas entre o cultivo irrigado e o sequeiro. Além disso, neste ano houve acamamento do BRS Esmeralda com as lâminas de irrigação, que pode ter resultado em perda de espiguetas e conseqüentemente, não houve diferença entre as lâminas e o sequeiro. Neste ano também foi observado maior número de espiguetas totais por panícula para o cultivar IAC 202 em relação ao BRS Esmeralda em todas as variações hídricas (Tabela 19). Souza (2003) verificou maior número de grãos totais por panícula para o cultivar Maravilha (grupo moderno) em relação ao cultivar Primavera (grupo intermediário). Silva et al. (2009) também encontraram diferenças para o número de espiguetas por panícula entre cultivares em experimento conduzido em

condições de sequeiro em Cassilândia-MS, em que o cultivar IAC 202 (187 espiguetas) proporcionou maior número em relação a BRS Soberana (grupo intermediário) (124 espiguetas).

**Tabela 19** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas totais por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivares                        | Espiguetas Totais por panícula em 2014/15 (n°) |                    |          |
|-----------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                   | Recomendada                                    | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                           | 163,48Ba                                       | 151,17Ba           | 205,90Aa |
| BRS Esmeralda                     | 130,31Ab                                       | 135,56Ab           | 138,87Ab |
| DMS variação dentro de cultivares |  |                    | 18,43    |
| DMS cultivares dentro de variação |  |                    | 8,89     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

O desdobramento da interação entre variação hídrica e fontes de N para o número de espiguetas totais por panícula em 2014/15 pode ser visualizado na Tabela 20. Observando o número de espiguetas totais por panícula em função de variação hídrica dentro de fontes, com a ureia+sulfato de amônio e ureia revestida, nota-se maior valor para o sequeiro. Quanto ao desdobramento de fontes dentro de variação hídrica, a ureia revestida resultou em maior número de espiguetas em relação a ureia e ao sulfato de amônio no sequeiro. Esse efeito da ureia revestida no sequeiro pode ser resultante da liberação mais lenta do nitrogênio principalmente nessas condições do experimento, em que após a aplicação do nitrogênio em cobertura ficou uma semana sem chover, o que no campo visualmente ainda podia observar pequenos grânulos da ureia revestida mesmo após esse período sem água. Por outro lado, em trabalho realizado por Cobucci et al. (2010) o número de grãos/espiguetas por panícula não foi afetado pelas fontes de nitrogênio (ureia, ureia revestida com Policote<sup>®</sup>) nas diversas doses estudadas 15, 30 e 60 kg N ha<sup>-1</sup>, em cultivo instalado e conduzido conforme recomendações da Embrapa. Oi (2008) relatou maior número de grãos granados por panícula com a utilização do Entec<sup>®</sup> em comparação a ureia e afirmou que isto pode ter ocorrido devido à sua maior permanência no solo na forma não lixiviável e passível de absorção pelas plantas.

**Tabela 20** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para espiguetas totais por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Fontes de N                   | Espiguetas Totais por panícula em 2014/15 (n°) |                    |           |
|-------------------------------|--|--------------------|-----------|
|                               | Recomendada                                    | 75% da Recomendada | Sequeiro  |
| Ureia                         | 154,09Aa                                       | 144,08Aa           | 161,92Ab  |
| Sulfato de amônio             | 149,58Aa                                       | 143,98Aa           | 161,54Ab  |
| Ureia + sulfato de amônio     | 143,56Ba                                       | 140,92Ba           | 179,74Aab |
| Ureia revestida               | 140,35Ba                                       | 144,48Ba           | 186,34Aa  |
| DMS variação dentro de fontes |  |                    | 23,32     |
| DMS fontes dentro de variação |  |                    | 22,69     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Para o número de espiguetas cheias por panícula, nos dois anos de cultivo, verifica-se interação entre variação hídrica e cultivares (Tabela 15). Assim, no desdobramento de variação hídrica dentro de cultivares em 2013/14 (Tabela 21), houve no cultivar IAC 202 maior valor para o sequeiro, seguido da lâmina recomendada e 75% da lâmina recomendada. Enquanto que para o cultivar BRS Esmeralda, o sequeiro e a lâmina recomendada proporcionaram maior número de grãos cheios por panícula em relação a lâmina de 75% da recomendada. Novamente, assim como para o número de espiguetas totais por panícula neste ano, o efeito diferente no cultivar IAC 202 deve-se a temperatura e a disponibilidade de água na fase reprodutiva (Figuras 1 e 4). Isso acontece porque segundo Hernandez et al. (2010) o número total de espiguetas granadas é dependente da translocação de carboidratos, que é influenciado por fatores genéticos e condições do ambiente, assim como teores de nitrogênio, durante a fase reprodutiva. Quanto aos cultivares dentro de lâminas ocorreu maior número de espiguetas cheias por panícula para o cultivar IAC 202 em todas as lâminas. Hernandez et al. (2010) ao avaliar os cultivares IAC 202 e BRSMG Curinga constataram maior número de espiguetas granadas para o IAC 202.

**Tabela 21** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas cheias por panícula em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Cultivares                        | Espiguetas cheias por panícula em 2013/14 (n°) |                    |          |
|-----------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                   | Recomendada                                    | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                           | 128,80Ba                                       | 94,04Ca            | 157,90Aa |
| BRS Esmeralda                     | 98,05Ab  | 63,96Bb            | 91,02Ab  |
| DMS variação dentro de cultivares |  |                    | 21,03    |
| DMS cultivares dentro de variação |  |                    | 10,31    |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

Em 2014/15, no desdobramento de variação hídrica dentro de cultivares para o número de espiguetas cheias por panícula (Tabela 22), observa-se que no cultivar IAC 202 o sequeiro proporcionou maior valor em comparação a lâmina de 75% recomendada, e no BRS Esmeralda o sequeiro resultou em valor superior a lâmina recomendada. Dessa forma o sequeiro pode ter sido beneficiado pela ocorrência de boa disponibilidade de chuva na época do florescimento (Figura 2). Crusciol et al. (2003b) também não observaram diferenças entre a lâmina recomendada e o sequeiro com o cultivar Caiapó. Rodrigues, Soratto e Arf (2004) atribuíram a maior porcentagem de espiguetas férteis no cultivar Confiança, a menor competição entre perfilhos proporcionada pela menor quantidade de perfilhos por metro quadrado. Quanto aos cultivares dentro de lâminas, verifica-se que o cultivar IAC 202 apresentou maior número de espiguetas cheias por panícula em todas as variações hídricas em comparação ao BRS Esmeralda. Mingotte, Hanashiro e Fornasieri Filho (2013) relataram diferenças na fertilidade das espiguetas ao avaliar diferentes cultivares de arroz de terras altas.

**Tabela 22** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas cheias por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivares                        | Espiguetas cheias por panícula em 2014/15 (n°) |                    |          |
|-----------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                   | Recomendada                                    | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                           | 142,95ABa                                      | 129,63Ba           | 155,57Aa |
| BRS Esmeralda                     | 103,22Bb                                       | 113,56ABb          | 122,32Ab |
| DMS variação dentro de cultivares |  |                    | 18,51    |
| DMS cultivares dentro de variação |  |                    | 7,29     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

Nos dois anos de cultivo não ocorreram diferenças entre as fontes de nitrogênio avaliadas, o mesmo ocorreu com os dados de Peres et al. (2015) em que a ureia e a ureia revestida não apresentaram diferenças para o número de espiguetas cheias para o cultivar IAC 202 em condições de cultivo com irrigação suplementar por aspersão. Da mesma forma Portugal et al. (2015b) também não verificaram diferenças entre ureia e ureia revestida com o cultivar BRS Esmeralda em condições irrigadas para o número de espiguetas cheias por panícula.

O número de espiguetas vazias por panícula em 2013/14 foi afetado pela variação hídrica e pelos cultivares (Tabela 15). O menor valor foi obtido para a lâmina de irrigação recomendada, o que pode ser atribuído a disponibilidade de água influenciar a porcentagem de esterilidade de grãos. Singh, Shamim e Singh (2013) constataram aumento na porcentagem de esterilidade de espiguetas com o estresse hídrico em todos os cultivares de arroz. Em arroz de sequeiro, na região Centro-Oeste do Brasil, a deficiência hídrica e a incidência de brusone-do-pescoço são os principais fatores que aumentam a esterilidade e reduzem a produção significativamente (FAGERIA, 1989). Fageria (1989) afirmou que em arroz de sequeiro, a ocorrência de deficiência hídrica durante a fase reprodutiva aumenta a esterilidade significativamente. O'Toole e Moya (1981) relataram que o estresse no estágio reprodutivo mostrou sensibilidade característica ao déficit hídrico em termos de decréscimo de produtividade devido em parte, a maior esterilidade de panículas e decréscimo na massa dos grãos. Entre os cultivares, a menor quantidade de espiguetas vazias ocorreu para o BRS Esmeralda em relação ao IAC 202, provavelmente é devido a esterilidade de grãos, em arroz irrigado, é característica dos genótipos (FAGERIA; SANTOS; CUTRIM, 2007). Souza (2003) avaliando cultivares e lâminas de irrigação sob cultivo com arado de aiveca também observou que o cultivar Maravilha apresentou maior número de grãos chochos por panícula do que o cultivar Primavera em todas as lâminas avaliadas (50% da recomendada, recomendada e sequeiro).

Vale ainda ressaltar que durante o estágio de formação dos grãos foi visualizado no campo, grande quantidade de panículas brancas nas lâminas recomendada e 75% da recomendada, o que resulta em espiguetas vazias, o que está diretamente relacionado a temperaturas altas e que conseqüentemente contribui para a redução da produtividade. Dessa forma, analisando os dados médios de espiguetas vazias por panícula dos dois anos (Tabela 15), nota-se maior valor para 2013/14 (ano com ocorrência de altas temperaturas durante a fase reprodutiva), o que pode contribuir para menor produtividade de grãos. Osada et al. (1973) concluíram que alta temperatura na época do florescimento pode ser uma das principais causas

do aumento anormal de grãos vazios em arroz. De acordo com Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – SOSBAI (2012), a ocorrência de altas temperaturas diurnas (superiores as 35°C) também pode causar esterilidade de espiguetas. A fase mais sensível do arroz a altas temperaturas é a floração. A segunda fase de maior sensibilidade é a pré-floração ou, mais especificamente, cerca de nove dias antes da emissão das panículas. Há diferenças entre genótipos quanto a tolerância a altas temperaturas (SOSBAI, 2012).

Para o número de espiguetas vazias por panícula em 2014/15 constatou-se interações entre variação hídrica x cultivares e variação hídrica x fontes (Tabela 15). Observando a variação hídrica dentro de cultivares (Tabela 23), verifica-se que para o cultivar IAC 202, o sequeiro resultou em maior número de espiguetas vazias em comparação as lâminas de irrigação, já no cultivar BRS Esmeralda houve menor valor para o sequeiro em relação a lâmina recomendada. Os dados do IAC 202 corroboram os obtidos por Souza (2003) em que houve diferenças entre as lâminas com o cultivar Maravilha, que apresentou maior número de grãos chochos no sequeiro em relação às lâminas recomendada e 50% da recomendada. O maior número de espiguetas vazias na lâmina recomendada no BRS Esmeralda é provável que esteja relacionado ao acamamento, pois o acamamento reduz a seção transversal dos feixes vasculares, e dessa forma, diminui o movimento dos fotoassimilados e dos nutrientes absorvidos pelas raízes e, além disto, aumenta o auto-sombreamento, contribuindo para maior esterilidade de grãos (FAGERIA, 1989; GUIMARÃES; FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2002). Já cultivares dentro de variação hídrica, nota-se que na lâmina recomendada ocorreu superior número de espiguetas vazias no cultivar BRS Esmeralda, por outro lado, no sequeiro ocorreu maior número para o IAC 202, que pode ter ocorrido devido a diferença entre cultivares quanto a disponibilidade de água, já que de acordo com Castro et al. (2014) o cultivar BRS Esmeralda é mais tolerante a seca, que conseqüentemente resultou em menor número de espiguetas vazias no sequeiro.

**Tabela 23** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivares para espiguetas vazias por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivares                        | Espiguetas vazias por panícula em 2014/15 (n°) |                    |          |
|-----------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                   | Variação hídrica                               |                    |          |
|                                   | Recomendada                                    | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                           | 20,53Bb  | 21,53Ba            | 50,34Aa  |
| BRS Esmeralda                     | 27,09Aa  | 22,00ABa           | 16,55Bb  |
| DMS variação dentro de cultivares |  |                    | 6,67     |
| DMS cultivares dentro de variação |  |                    | 3,64     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Em relação ao desdobramento de variação hídrica dentro de fontes de N para o número de espiguetas vazias por panícula em 2014/15 (Tabela 24), verifica-se que para ureia, ureia+sulfato de amônio e ureia revestida, o sequeiro proporcionou o maior número, o que está associado a redução da disponibilidade hídrica aumentar a esterilidade das espiguetas. Quanto as fontes dentro de lâminas, nota-se que apenas no sequeiro houve diferenças entre as fontes, em que a ureia revestida apresentou valor superior em comparação a ureia e ao sulfato de amônio, o que talvez esteja relacionado ao maior valor de espiguetas totais por panícula, que apesar de ter apresentado maior valor para a variável citada, o regime hídrico pode não ter proporcionado o enchimento de todos essas espiguetas. Os dados estão de acordo com os obtidos por Fageria, Moreira e Coelho (2011) avaliando sulfato de amônio e ureia como fonte de nitrogênio para o arroz de terras altas, não verificaram diferenças para a esterilidade de grãos. Por outro lado, em experimento desenvolvido por Oi (2008) com arroz de terras altas irrigado por aspersão em Selvíria-MS, a ureia como fonte de nitrogênio apresentou maior número de grãos chochos em relação ao Entec® (sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação), diferindo estatisticamente entre si.

**Tabela 24** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para espiguetas vazias por panícula em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Fontes de N                   | Espiguetas vazias por panícula em 2014/15 (n°) |                    |          |
|-------------------------------|--|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica                               |                    |          |
|                               | Recomendada                                    | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 26,29ABa                                       | 19,49Ba            | 29,75Ab  |
| Sulfato de amônio             | 24,61Aa  | 25,19Aa            | 31,03Ab  |
| Ureia + sulfato de amônio     | 22,33Ba  | 23,18Ba            | 32,56Aab |
| Ureia revestida               | 22,01Ba  | 19,21Ba            | 40,45Aa  |
| DMS variação dentro de fontes |  |                    | 9,10     |
| DMS fontes dentro de variação |  |                    | 9,32     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

#### 4.1.5 Fertilidade de espiguetas, massa de cem grãos e produtividade

A fertilidade de espiguetas expressa a porcentagem das espiguetas que se tornaram grãos, sendo dependente da translocação de carboidratos, e é influenciada pelo ambiente (BUZETTI et al., 2006). Assim em 2013/14 houve interferência da variação hídrica, em que a lâmina de 75% da recomendada proporcionou menor porcentagem de fertilidade de espiguetas (Tabela 25). Isto provavelmente está associado as altas temperaturas que incidiram sobre o arroz, que podem ter coincidido com a fase mais crítica das plantas nesse tratamento, haja vista que o florescimento para o BRS Esmeralda e IAC 202 ocorreu aos 8 e um dias após o período de altas temperaturas, respectivamente. De acordo com Fageria (1984), quando o arroz é exposto a temperaturas altas, reduz a produção e os componentes de produção, em que a porcentagem de espiguetas cheias é influenciada por vários fatores, como condições climáticas, tipo de solo, teores de nutrientes e incidência de doenças e pragas. Além disso, segundo Yoshida (1981) a porcentagem de espiguetas cheias é determinada antes e depois da exserção da panícula. Condições climáticas desfavoráveis, tais como baixa ou alta temperaturas próximas ao estágio de redução-divisão e florescimento, pode induzir a esterilidade (YOSHIDA, 1981).

**Tabela 25** – Fertilidade de espiguetas (FERT), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD) em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio em arroz de terras altas. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | FERT    |         | M100     |           | PROD                   |          |
|-----------------------------|---------|---------|----------|-----------|------------------------|----------|
|                             | (%)     |         | (g)      |           | (kg ha <sup>-1</sup> ) |          |
|                             | 2013/14 | 2014/15 | 2013/14  | 2014/15   | 2013/14                | 2014/15  |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |         |         |          |           |                        |          |
| Recomendada                 | 73,78a  | 83,18   | 2,50a    | 2,56      | 1.901                  | 4.502    |
| 75% da Recomendada          | 55,45b  | 84,64   | 2,41b    | 2,53      | 1.185                  | 4.791    |
| Sequeiro                    | 67,68a  | 81,86   | 2,22c    | 2,58      | 1.023                  | 4.900    |
| DMS                         | 10,13   | 4,53    | 0,05     | 0,07      | 342                    | 691      |
| <b>CULTIVARES</b>           |         |         |          |           |                        |          |
| IAC 202                     | 67,00   | 82,9    | 2,20b    | 2,36      | 1.400                  | 4.097b   |
| BRS Esmeralda               | 64,27   | 83,55   | 2,55a    | 2,75      | 1.339                  | 5.365a   |
| DMS                         | 4,61    | 1,78    | 0,04     | 0,02      | 240                    | 275      |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |         |         |          |           |                        |          |
| Ureia                       | 66,91   | 83,61   | 2,38     | 2,56      | 1.381                  | 4.658    |
| Sulfato de amônio           | 65,21   | 82,21   | 2,39     | 2,56      | 1.208                  | 4.645    |
| Sulfato de amônio+ Ureia    | 63,65   | 83,41   | 2,36     | 2,55      | 1.471                  | 4.673    |
| Ureia revestida             | 66,77   | 83,68   | 2,37     | 2,57      | 1.418                  | 4.949    |
| DMS                         | 7,12    | 3,25    | 0,07     | 0,05      | 335                    | 405      |
| <b>F</b>                    |         |         |          |           |                        |          |
| Blocos (B)                  | 2,20ns  | 4,13ns  | 1,76ns   | 0,64ns    | 4,14ns                 | 0,25ns   |
| Variação hídrica (VH)       | 15,96** | 1,76ns  | 144,09** | 3,12ns    | 35,20**                | 1,66ns   |
| CV (%)                      | 20,14   | 7,10    | 2,84     | 3,46      | 32,53                  | 19,05    |
| Cultivares (C)              | 2,10ns  | 0,80ns  | 360,26** | 2032,55** | 0,38ns                 | 127,20** |
| VH x C                      | 2,62ns  | 69,62** | 0,04ns   | 38,87**   | 10,68*                 | 1,30ns   |
| CV (%)                      | 14,07   | 4,29    | 3,78     | 1,66      | 35,03                  | 11,64    |
| Fontes de N (F)             | 0,65ns  | 0,63ns  | 0,51ns   | 2,70ns    | 1,61ns                 | 1,83ns   |
| VH x F                      | 1,43ns  | 1,50ns  | 0,74ns   | 0,61ns    | 2,98*                  | 0,25ns   |
| C x F                       | 1,26ns  | 1,02ns  | 0,76ns   | 1,06ns    | 0,45ns                 | 0,18ns   |
| VH x C x F                  | 1,11ns  | 0,82ns  | 0,17ns   | 0,64ns    | 1,64ns                 | 0,29ns   |
| CV (%)                      | 14,20   | 5,11    | 3,83     | 2,70      | 32,04                  | 11,19    |
| Média                       | 65,64   | 83,22   | 2,38     | 2,56      | 1.369                  | 4.731    |

\*\*, \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

Na safra 2014/15 houve interação entre variação hídrica e cultivares para a fertilidade de espiguetas (Tabela 25). Para o IAC 202, a maior fertilidade foi proporcionada pelos tratamentos irrigados (Tabela 26). Da mesma forma, Crusciol et al. (2006) verificaram maior fertilidade de espiguetas para o cultivo em condição irrigada em comparação ao sequeiro.

Rodrigues, Soratto e Arf (2004) constataram que o cultivar Maravilha apresentou redução na fertilidade das espiguetas na ausência de irrigação. Enquanto que para o BRS Esmeralda, a maior fertilidade ocorreu no sequeiro em comparação a lâmina recomendada, que se deve ao acamamento nesta lâmina, uma vez que o acamamento reduz a seção transversal dos feixes vasculares e conseqüentemente diminui o movimento dos fotoassimilados (GUIMARÃES; FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2002). Em relação ao desdobramento de cultivar dentro de lâminas, constata-se que na lâmina recomendada o cultivar BRS Esmeralda proporcionou menor fertilidade de espiguetas devido ao acamamento, e no sequeiro a maior fertilidade foi resultante do BRS Esmeralda.

Ao comparar a média de fertilidade das espiguetas dos dois anos (Tabela 25), observa-se que em 2014/14 a fertilidade das espiguetas foi 17,58% inferior em relação à safra 2014/15, refletindo dessa maneira, o efeito do período de altas temperaturas próximo ao florescimento sobre essa variável.

**Tabela 26** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para fertilidade de espiguetas em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivar                        | Fertilidade de espiguetas em 2014/15 (%) |                    |          |
|---------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                 | Variação hídrica                         |                    |          |
|                                 | Recomendada                              | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                         | 87,32Aa                                  | 85,66Aa            | 75,73Bb  |
| BRS Esmeralda                   | 79,04Bb                                  | 83,62ABa           | 88,00Aa  |
| DMS variação dentro de cultivar |  |                    | 4,74     |
| DMS cultivar dentro de variação |  |                    | 3,09     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

A massa de cem grãos em 2013/14 (Tabela 25) foi afetada pela variação hídrica e pelos cultivares. Em relação a variação hídrica, verifica-se que a maior massa de cem grãos foi proporcionada pela lâmina recomendada, seguida pela lâmina de 75% da recomendada e sequeiro, permitindo observar que a medida que diminui a disponibilidade de água há diminuição da massa de cem grãos. Segundo Guimarães, Fageria e Barbosa Filho (2002) vários fatores podem reduzir a massa de cem grãos de arroz durante o período de florescimento, são a deficiência hídrica, deficiência de nitrogênio, baixa radiação solar e incidência de brusone. Rodrigues, Soratto e Arf (2004) observaram que o tratamento sem irrigação proporcionou a obtenção de valores de massa de cem grãos estatisticamente menores que os demais tratamentos (lâmina recomendada e lâmina de 50% da recomendada), e relataram que o processo de

enchimento de grãos pode ter sido prejudicado, uma vez que ocorreram pequenos períodos de estiagem durante a fase de maturação da cultura, principalmente nos dias posteriores ao florescimento, período em que ocorrem as translocações de carboidratos para o preenchimento da casca.

Em pesquisa desenvolvida por Silva (2012), os resultados obtidos para massa de 1.000 grãos foram diferentes entre os tratamentos hídricos, os grãos oriundos do cultivo sem deficiência hídrica apresentaram maior massa, diferindo do regime com deficiência hídrica. Vela et al. (2013) estudando as lâminas de irrigação baseadas na porcentagem da evapotranspiração da cultura (ETc) e fornecidas por meio de irrigação de aspersão (L1: sem irrigação (testemunha), L2: 50% ETc, L3: 100% ETc, L4: 150% ETc e L5: 200% ETc) com o cultivar BEST 2000, os dados ajustaram a uma equação quadrática, cujo valor da máxima massa de 1.000 grãos foi de 24,05 g, obtida com uma lâmina de 178,62% da ETc. Ou seja, houve aumento da massa de mil grãos com o incremento na disponibilidade de água até a lâmina de 178,62% da ETc. Crusciol et al. (2006) relataram que grãos provenientes do sistema de irrigação por aspersão tiveram uma maior massa em comparação com aqueles do sistema de sequeiro e citaram que pode ser devido à curtos períodos de tempo seco durante o estágio de maturação (durante os 14 dias após o florescimento) e nas duas semanas antes da antese, pois de acordo com Yoshida (1981) durante esse período o tamanho da casca pode sofrer modificações. Stone, Libardi e Reichardt (1984) verificaram que o peso de 1.000 grãos diminuiu com o decréscimo das lâminas, ao avaliar as lâminas de 55, 70, 85 e 100% da evapotranspiração máxima (ETm).

O cultivar BRS Esmeralda apresentou maior massa de cem grãos em relação ao IAC 202 (Tabela 25), que se atribui a diferença genética, pois de acordo com Yoshida (1981) o peso de 1.000 grãos é uma característica varietal estável, já que o tamanho do grão é rigidamente controlado pelo tamanho da casca. O autor ainda afirmou que o grão não pode crescer a um tamanho maior do que o permitido pela casca não importa quanto favoráveis estejam as condições climáticas e o fornecimento de nutrientes. Além disso, na descrição dos cultivares pelas empresas que realizaram o melhoramento, a massa de mil grãos descrita para o BRS Esmeralda é de 27,6g (CASTRO et al., 2014) e a massa de cem grãos é de 2,20 g para o IAC 202 (BASTOS, 2000), portanto, os valores estiveram bem próximos aos descritos. A massa de mil grãos do cultivar IAC 202 observada por Silva et al. (2009) foi de 21,5 g, e também verificaram diferenças entre os cultivares avaliados. Crusciol et al. (2006) observaram que o cultivar Carajás apresentou maiores valores de massa de mil grãos do que o IAC 201 para as duas estações de cultivo.

Houve interação significativa entre variação hídrica e cultivares para a massa de cem grãos em 2014/15 (Tabela 25). Avaliando variação hídrica dentro de cultivares (Tabela 27), observa-se que no cultivar IAC 202, a lâmina recomendada resultou em maior valor em comparação ao sequeiro, que, no entanto, não diferiu da lâmina 75% recomendada, ou seja, houve diminuição da massa de grãos com a redução da disponibilidade de água, enquanto que o cultivar BRS Esmeralda proporcionou menor valor nas lâminas recomendada e 75% da recomendada em comparação ao sequeiro. O BRS Esmeralda no sequeiro ter resultado maior massa de cem grãos em comparação as lâminas pode ser devido ao estresse hídrico ter ocasionado a diminuição do número de panículas por m<sup>2</sup> e assim havendo menos panícula poderia resultar em maior direcionamento dos assimilados para o enchimento dos grãos dessas panículas, além disso como nesses tratamentos ocorreu acamamento, pode ter proporcionado menor enchimento dos grãos.

De acordo com Guimarães, Fageria e Barbosa Filho (2002) o acamamento diminui a seção transversal dos feixes vasculares, portanto, reduz o movimento dos fotoassimilados e dos nutrientes absorvidos pelas raízes. Por outro lado, Crusciol et al. (2001) ao avaliar a massa de mil sementes em função do sequeiro e lâminas de irrigação baseadas no Kc do arroz de terras altas de L1= 0,5 do Kc, L2= valores do Kc recomendados para arroz de sequeiro, L3= 1,5 vezes os valores do Kc, L4= Kc de 1,95 durante todo o ciclo; não verificaram diferenças. Crusciol et al. (2003a) ao avaliar os tratamentos relacionados a diferentes condições hídricas do solo (1 - cultivo sob condições de sequeiro, 2 - cultivo sob irrigação por aspersão até a tensão de reposição de água no solo de -0,070 MPa e, 3 - cultivo sob irrigação por aspersão até a tensão de reposição de água no solo de -0,035 MPa), em que ocorreram períodos de falta de água na fase vegetativa e próximo ao florescimento, a massa de 1.000 grãos de arroz não foi afetada pelos tratamentos.

Segundo Fonasieri e Fornasieri Filho (2006), a massa do grão é determinada durante o período de formação e enchimento, basicamente, pelo tamanho da casca, pelo número de células do endosperma e pela quantidade de assimilados disponíveis para serem transportados, entre a antese e a maturação fisiológica. Quanto ao desdobramento de cultivares dentro de lâminas, houve maior valor para o cultivar BRS Esmeralda em todas as lâminas analisadas (Tabela 27). Outros trabalhos também relataram diferenças entre cultivares de arroz de terras altas na massa de grãos (RODRIGUES; SORATTO; ARF, 2004; ALVARES; CRUSCIOL; NASCENTE, 2012; MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2013).

**Tabela 27** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para massa de cem grãos em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivar                        | Massa de 100 grãos em 2014/15 (g) |                    |          |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------|----------|
|                                 | Variação hídrica                  |                    |          |
|                                 | Recomendada                       | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                         | 2,41Ab                            | 2,35ABb            | 2,34Bb   |
| BRS Esmeralda                   | 2,72Ba                            | 2,71Ba             | 2,83Aa   |
| DMS variação dentro de cultivar |                                   |                    | 0,07     |
| DMS cultivar dentro de variação |                                   |                    | 0,04     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

No primeiro ano experimental, houve interação entre variação hídrica e cultivares para a produtividade (Tabela 25). Quanto ao desdobramento de variação hídrica dentro de cultivar (Tabela 28), verifica-se que no IAC 202, a lâmina recomendada resultou em maior produtividade do que a lâmina de 75% da recomendada (redução de 46% na produtividade em comparação a lâmina recomendada) e o sequeiro (redução de 26% na produtividade em relação a lâmina recomendada). O efeito no tratamento com 75% da lâmina recomendada pode estar associado a influência da temperatura diferir entre o estágio de desenvolvimento e cultivares que, aliado a 25% menos de disponibilidade de água proporcionou menor produtividade. De acordo com Yoshida (1981), diferenças varietais afetam a tolerância a temperaturas altas em diferentes estádios de crescimento, já que uma variedade pode ser muito tolerante a altas temperaturas em um estágio de crescimento, mas suscetível em outro. Sabendo-se que na fase reprodutiva, a temperatura ótima é de 25-30°C e a máxima tolerada é de 35°C (FORNASIERI; FORNASIERI FILHO, 2006) e que o início do período de altas temperaturas correspondeu a 16, 20 e 36 dias antes do florescimento do cultivar IAC 202 nas lâminas recomendada, 75% da recomendada e sequeiro, respectivamente, e perdurou por 12 dias, portanto, até 4, 8 e 24 dias antes do florescimento, respectivamente; sugere-se que a alta temperatura pode ter contribuído para a menor produtividade do IAC 202 na lâmina de 75% recomendada. Segundo Fageria (1989) as temperaturas altas, acima do nível crítico, afetam o crescimento e, conseqüentemente a produção.

Para o cultivar BRS Esmeralda (Tabela 28), houve redução da produtividade com a redução da disponibilidade de água, ou seja, o maior valor ocorreu com a lâmina recomendada, seguida pela lâmina de 75% recomendada e sequeiro, que pode estar relacionado a menor disponibilidade de água diminuir a produção de massa seca e conseqüentemente diminuir a produção de fotoassimilados para a produção de grãos, e também a massa de cem grãos.

Portanto a redução da disponibilidade de água ocasionou redução na produtividade de grãos de 30% para a lâmina de 75% recomendada e 65% para o sequeiro, em relação a lâmina recomendada. Fageria, Moreira e Coelho (2011) relataram que a variabilidade na produtividade de grãos de arroz foi 89% devido a massa seca da parte aérea. Heinemann, Stone e Fageria (2011) afirmaram que sob seca, as trocas gasosas nas folhas das plantas é reduzida e isso leva a um menor acúmulo de biomassa e produtividade de grãos. Além disso, é importante realçar que neste ano o período de deficiência hídrica ocorreu na fase reprodutiva, além de altas temperaturas na fase reprodutiva que resultou em grande redução do potencial produtivo do arroz. O início do período de altas temperaturas correspondeu a 9, 13 e 28 dias antes do florescimento do cultivar BRS Esmeralda nas lâminas recomendada, 75% da recomendada e sequeiro, respectivamente, e perdurou por 12 dias, portanto, até 3 dias após o florescimento, 1 e 16 dias antes do florescimento, respectivamente, contribuindo para a diminuição da produtividade. Visualizando a redução em relação à média do cultivar BRS Esmeralda do ano subsequente (2014/15) para o BRS Esmeralda na lâmina recomendada do primeiro ano (2013/14), que supostamente deveria estar em condições ideais para o desenvolvimento da cultura, observa-se redução de 54% da produtividade, que pode ter sido devido a maior parte às altas temperaturas.

**Tabela 28** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para produtividade de grãos em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Cultivar                        | Produtividade de grãos em 2013/14 (kg ha <sup>-1</sup> ) |                    |          |
|---------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                 | Variação hídrica   |                    |          |
|                                 | Recomendada  | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                         | 1.838Aa  | 997Ba              | 1.365Ba  |
| BRS Esmeralda                   | 1.964Aa  | 1.373Ba            | 681Cb    |
| DMS variação dentro de cultivar |  |                    | 437      |
| DMS cultivar dentro de variação |  |                    | 415      |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

Diversos trabalhos também relatam diminuição da produtividade pela redução da quantidade de água sobre a cultura do arroz de terras altas. Pinheiro, Castro e Guimarães (2006), verificaram perdas na produtividade com a incidência de estresse hídrico próximo ao período de 50% de florescimento em diversos cultivares avaliados. Cancellier et al. (2011) obtiveram baixas produtividades em experimento desenvolvido com arroz de terras altas no município de Gurupi (TO), e atribuíram ao estresse hídrico ocorrido a partir da fase de diferenciação dos

primórdios florais, em que tal estresse resultou em elevada esterilidade das espiguetas, sendo ainda potencializada pelas altas temperaturas ocorridas na época, pois superaram os 35°C, além disso o déficit hídrico prolongou-se e intensificou-se na fase de emissão das panículas, prejudicando também a fase de enchimento de grãos. Silveira et al. (2015) analisando a tolerância a seca de dois cultivares de arroz de terras altas (Douradão e Primavera) em dois períodos de desenvolvimento (vegetativo e reprodutivo) verificaram maior redução na produtividade quando a restrição de água foi aplicada durante a fase reprodutiva do que na vegetativa, e afirmaram que esse resultado era esperado dada a maior oportunidade para a planta de arroz se recuperar do déficit hídrico durante a sua fase inicial de desenvolvimento. Experimento desenvolvido em condições de sequeiro em Cassilândia-MS por Silva et al. (2009), estudando diversos cultivares, os autores verificaram menor produtividade para o cultivar BRSMG Conai e afirmaram que provavelmente está associada ao início de sua fase reprodutiva em época de ocorrência de veranico (janeiro), o que reduziu o número de panículas por m<sup>2</sup> e principalmente o número de espiguetas por panícula, refletindo em menor produtividade. Os dados de Vela et al. (2013) estão de acordo com os obtidos para o BRS Esmeralda neste experimento, em que ao analisar a influência das lâminas de irrigação com base na evapotranspiração da cultura (ETc) denominadas de L1: sem irrigação (testemunha); L2: 50% ETc; L3: 100% ETc; L4: 150% ETc e L5: 200% ETc, com o cultivar BEST 2000, observaram que a produtividade de grãos aumentou significativamente em função das diferentes lâminas de irrigação, apresentando leve queda no tratamento L5, com ponto de máxima produtividade na lâmina estimada de 180,11% da ETc, sendo que ocorreu elevada deficiência hídrica na fase reprodutiva, com a cultura na transição das fases de diferenciação do primórdio floral e emborrachamento.

Em experimento foi desenvolvido nas Filipinas com diferentes cultivares de arroz de terras altas em que água foi fornecida inicialmente por irrigação por aspersão, conforme necessário para os primeiros 60 dias da temporada. Após essa data, o tratamento de estresse foi irrigado até o aparecimento do colar da folha bandeira, sendo o estresse aplicado ao mesmo estágio de desenvolvimento para cada cultivar. Os resultados indicam que a aplicação de estresse de seca no estágio reprodutivo próximo a exsurgência da panícula reduziu severamente a produtividade de grãos em todos os cultivares testados, e a produtividade média sob estresse representou apenas 21% do que foi alcançado em condições bem irrigadas (HE; SERRAJ, 2012). Os resultados também corroboram os obtidos por Akinbile e Sangodoyin (2011) e Akinbile (2010), em que conduzindo experimentos de campo em duas estações secas para averiguar o uso da água pelo arroz de terras altas sob condições irrigadas na Nigéria, sendo

avaliado tratamentos baseados no nível de aplicação de água de irrigação: Tratamento A-recebeu água diariamente em capacidade máxima de irrigação (100%ET), Tratamento B-recebeu água seis dias na semana em capacidade moderada de irrigação (75% ET), Tratamento C-recebeu água cinco dias na semana em média capacidade de irrigação (50% ET) e o Tratamento D-recebeu água quatro dias na semana em baixa capacidade de irrigação (25% ET). Os autores concluíram que a maior produtividade de grãos foi no tratamento A, ocorrendo declínio constante, mas gradual em todos os outros tratamentos (B e C), e no Tratamento D, a produtividade de grãos foi mínima indicando que a água tem uma influência limitante da produtividade sobre a cultura do arroz.

Trabalho desenvolvido por Crusciol et al. (2013), estudando dois regimes hídricos (sequeiro e irrigação suplementar por aspersão, além da precipitação) e dois cultivares (Carajás e IAC 201) recomendados para o ecossistema de terras altas em Selvíria-MS, relataram maior produtividade de grãos para a condição irrigada e tal resultado foi devido a distribuição irregular das chuvas em ambas as estações de cultivo. Na primeira estação de crescimento, apenas 8,7% da água foi fornecida pela irrigação, mas houve um aumento de 54,4% na produtividade de grãos ( $4.279 \text{ kg ha}^{-1}$ ) comparada com a condição de sequeiro ( $2.772 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Na segunda estação de crescimento, 14,5% da água veio do sistema de irrigação por aspersão e aumentou a produtividade de grãos por 48,1% ( $3.727 \text{ kg ha}^{-1}$ ) sobre o regime de sequeiro ( $2.516 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Os autores explicam que os resultados podem ter ocorrido por causa do período de seca que ocorreu em cada estação de crescimento (primeira estação de crescimento: fase vegetativa próxima ao florescimento; e na segunda estação de crescimento: início da fase vegetativa, fase vegetativa e fase de florescimento) quando a distribuição de chuva de cada estação estava insuficiente para atender as necessidades, que, apesar da grande quantidade de precipitação, a sua distribuição irregular impediu o crescimento de arroz de sequeiro e a produtividade de grãos.

Já na análise do desdobramento de cultivar dentro de variação hídrica (Tabela 28), verifica-se que no sequeiro o cultivar IAC 202 proporcionou maior produtividade em comparação ao BRS Esmeralda, o que pode estar associada a maior massa seca de plantas e ao maior número de grãos granados por panícula neste tratamento. Além disso, o cultivar IAC 202 tem o ciclo um pouco maior do que o BRS Esmeralda (aproximadamente uma semana na condição de sequeiro), o que poderia ter um maior período de recuperação do estresse hídrico e, o florescimento mais tardio coincidiu de ocorrer 24 dias após o período de estresse hídrico e altas temperaturas, e dessa forma havendo menor influência desses dois elementos sobre o florescimento. Alvarez et al. (2005) também relataram maior produtividade de grãos do cultivar

BRS Primavera em virtude do maior número de espigas por panícula. Alvarez, Crusciol e Nascente (2012) ao avaliar a produtividade de grãos, verificaram maiores valores para o cultivar BRS Primavera em relação à Maravilha e Caiapó, e relataram que o componente de produção que mais afetou esta diferença foi o número de espiguetas por panícula, e também observaram que o cultivar mais produtivo apresentou a maior a maior matéria seca total, o que influenciou, positivamente, na produtividade de grãos.

Heinemann e Stone (2009) ao avaliar o efeito de deficiência hídrica em vários cultivares, os autores observaram que o estresse hídrico aplicado neste estudo prejudicou menos os cultivares de ciclo médio em relação aos de ciclo curto. Também observaram que o cultivar Curinga apresentou o maior rendimento para o tratamento estresse, sendo, estatisticamente, diferente dos outros cultivares. Assim, este cultivar apresentou a maior média e o menor valor de perda relativa no rendimento com o estresse hídrico, e isso pode não estar correlacionado com a presença de mecanismos de tolerância ao estresse hídrico, mas sim, provavelmente, ao fato de esse cultivar apresentar um ciclo um pouco maior que o do Primavera, tendo o florescimento, no tratamento estresse, ocorrido no fim do período de estresse. Além disso, não houve diferença significativa entre o rendimento em condições de estresse e irrigada para esse cultivar. A menor produtividade de grãos dos cultivares precoces, sob deficiência hídrica, ocorreu devido à coincidência da sua floração com o período de máxima intensidade do estresse (HEINEMANN; STONE, 2009).

Verifica-se pela tabela de análise de variância (Tabela 25) que o coeficiente de variação está um pouco alto, no entanto, ressalta-se que se deve as condições climáticas que ocorreram durante o desenvolvimento da cultura, como o período de 12 dias de altas temperaturas que coincidiu, grande parte, sobre a fase reprodutiva da cultura, além de deficiência hídrica. Pinheiro (2006) também observou alto coeficiente de variação em experimento com variação hídrica, e relatou que o alto coeficiente de variação é comum em ensaios de deficiência hídrica. Castro et al. (2013) estudando cultivares e deficiência hídrica, encontraram coeficiente de variação de 28,1 %, sendo considerado um pouco alto, e afirmaram que reflete a fragilidade da estimativa do CV em ensaios onde as médias são menores devido ao estresse aplicado, o que penaliza a precisão experimental.

A produtividade de grãos em 2014/15 foi influenciada apenas pelos cultivares, cujo cultivar BRS Esmeralda resultou em produtividade superior (Tabela 25). Esse resultado pode estar relacionado a maior massa de cem grãos e ao potencial produtivo ser maior para o BRS Esmeralda, devido ao melhoramento genético ter obtido esse maior potencial. A produtividade média e potencial produtivo relatados para o BRS Esmeralda é de 4.050 kg ha<sup>-1</sup> e 7.525 kg ha<sup>-1</sup>

(EMBRAPA, 2013) e para o IAC 202 é de 3.135 kg ha<sup>-1</sup> (BASTOS, 2000) e 6.356kg ha<sup>-1</sup> (INSTITUTO AGRONÔMICO - IAC, 200-), respectivamente.

Neste ano como foi observado, não houve interferência da variação hídrica sobre a produtividade, o que pode estar relacionado a ótima precipitação na época do florescimento e enchimento de grãos além da deficiência hídrica ocorrer durante a fase vegetativa da cultura. A não diferença entre a variação hídrica para o cultivar BRS Esmeralda provavelmente está relacionada ao acamamento, pois nas lâminas de irrigação notou-se um melhor desenvolvimento em relação ao sequeiro que por causa do acamamento houve queda dos grãos no campo. Trabalho desenvolvido por O'Toole e Moya (1981) também relatou relativa falta de sensibilidade da produtividade no estágio vegetativo ao estresse hídrico e alta sensibilidade dos estádios reprodutivos. Ainda neste trabalho, decréscimos na produtividade, aumento na esterilidade e decréscimo na massa de grãos foram associados com o grau e a duração do estresse hídrico que ocorre em determinados estádios de desenvolvimento. Todos os cultivos que tiveram déficit hídrico no estágio vegetativo neste estudo de O'Toole e Moya (1981) produziram bem apesar do alto grau e duração do déficit hídrico, enquanto que quando o déficit ocorreu no estágio reprodutivo houve sensibilidade característica ao déficit hídrico em termos de diminuição da produtividade devido em parte à maior esterilidade da panícula e decréscimo no peso dos grãos. Por outro lado, Crusciol et al. (2003a) ao avaliar os tratamentos diferentes condições hídricas do solo (sequeiro e, irrigação por aspersão até as tensões de reposição de água de -0,070 MPa e -0,035 MPa), em que a deficiência hídrica ocorreu na fase vegetativa com o cultivar IAC 201, ocorreu maior produtividade nos tratamentos irrigados, e se deve principalmente ao maior número de panícula m<sup>-2</sup> e fertilidade de espiguetas alcançada nesse sistema. De modo geral, a irrigação por aspersão proporcionou um aumento de 34,5% na produtividade, o que equivale a 1.069 kg ha<sup>-1</sup>.

Colombari Filho e Rangel (2015) afirmaram que quando há alguma adversidade na lavoura durante a fase vegetativa, o ciclo do arroz poderá se alongar, e assim possibilitar a recuperação das plantas, enquanto que se a adversidade ocorrer durante a fase reprodutiva e de maturação dos grãos, as plantas terão menores chances de recuperação aos estresses. Yoshida (1981) relatou que o estresse hídrico em qualquer fase de crescimento pode reduzir o rendimento, sendo que a planta de arroz é mais sensível ao déficit hídrico desde a fase de divisão de redução para a antese. Três dias de seca em 11 dias e em 3 dias antes da antese reduz rendimento significativamente, fazendo com que ocorra uma elevada percentagem de esterilidade. Uma vez que a esterilidade ocorre, não há nenhuma maneira para a planta para compensar. Por outro lado, déficit hídrico durante a fase vegetativa pode reduzir a altura da

planta, número de perfilhos e área foliar, mas o rendimento não será afetado pelo crescimento retardado se a água é fornecida em tempo suficiente para permitir a recuperação da planta antes da floração (YOSHIDA, 1981).

Entre os fatores biofísicos, a água é o que melhor determina a produção das culturas. A deficiência hídrica reduz a produção, mas esta redução depende, sobretudo do estágio de crescimento em que ocorre a severidade e a duração da deficiência. A deficiência hídrica é muito mais prejudicial durante a fase reprodutiva e em torno da floração do que na fase vegetativa e na fase final de maturação (FAGERIA, 1989). Fageria (1980), após a realização de estudo de campo, concluiu que o arroz consome a máxima quantidade de água, aproximadamente uma semana antes da floração. Em relação ao consumo total de água, o arroz consome 30% durante a fase vegetativa, 55% durante a fase reprodutiva e 15% durante a fase de maturação, sendo que o período mais crítico à deficiência hídrica é a fase reprodutiva. Deficiência hídrica na fase reprodutiva reduziu a produtividade devido a redução do número e peso dos grãos e quando ocorre na fase vegetativa a produtividade é reduzida principalmente devido redução do número de panículas. A principal perturbação pela chuva é a variação imprevisível na quantidade de distribuição da chuva para um dado local, e de ano para ano (FAGERIA, 1980).

Objetivando avaliar o efeito do estresse hídrico de 23-34 dias em diferentes estádios do arroz de terras altas, Boonjung e Fukai (1996) verificaram que o estresse reduziu a produtividade em todos os períodos de crescimento avaliados e que o tamanho da redução depende da severidade do estresse e o período que ocorre em relação aos estádios fenológicos, sendo que quando o estresse terminou antes da iniciação da panícula (cerca de 35-45 dias antes da antese), o efeito da seca foi bem pequeno com redução de até 30% na produtividade. Quando o estresse desenvolveu em direção ao final da fase vegetativa, a redução na produtividade foi principalmente devido a redução no número de espiguetas por panícula. A redução do número de espiguetas pode ser explicada por baixos níveis de assimilados disponíveis para o desenvolvimento da panícula por causa do pequeno índice de área foliar após o alívio do estresse. Quando o estresse moderado desenvolveu durante o estágio inicial de desenvolvimento da panícula (25 dias para a antese), a redução da produtividade de cerca de 30% foi devido principalmente a redução do número de espiguetas por panícula. O efeito mais severo de seca ocorreu quando o estresse desenvolveu no meio do estágio de desenvolvimento da panícula (10 a 20 dias antes da antese) e não resultou em grãos cheios (produtividade zero). No estresse desenvolvido no estágio de desenvolvimento da panícula houve uma grande redução no número de espiguetas por panícula e baixa porcentagem de grãos cheios foram as

principais razões para redução de 83% da produtividade nesta semeadura. Quando o estresse desenvolveu durante o desenvolvimento final da panícula ao início do enchimento dos grãos, causou uma redução na produtividade de grãos de cerca de 60% e foi o resultado da redução da porcentagem de grãos cheios e redução do número de espiguetas por panícula. Seca prolongada durante o enchimento de grãos reduziu a produtividade de grãos em 75% em comparação com o ensaio irrigado devido a menor proporção de grãos cheios e redução da massa individual dos grãos. O nível dos assimilados disponíveis atuais (gerais, em curso) para definir e preencher os grãos pode ter sido muito baixo, resultando em uma alta proporção de aborto de espiguetas e grãos de tamanho pequeno. O estresse durante o final do enchimento de grãos reduziu a produtividade de grãos em apenas 26%. Portanto, a redução da produtividade depende do estágio em que ocorre o estresse hídrico.

Experimento desenvolvido com arroz irrigado com o objetivo de determinar períodos críticos à deficiência de água utilizando os cultivares IAC 435 e IR 941-63-5-L-9-33 foi realizado por Stone et al. (1979). Os tratamentos de supressão de água foram realizados em cinco fases decréscimo do arroz: 1. Uma testemunha com irrigação permanente (P1) e cinco tratamentos de supressão de água; 2. Da germinação ao início do perfilhamento (P2); 3. Do início do perfilhamento à diferenciação do primórdio floral (P3); 4. Da diferenciação do primórdio floral ao início de floração (P4); 5. Do início da floração à fase leitosa de enchimento dos grãos (P5) e 6. Da fase leitosa de enchimento dos grãos à maturação completa (P6). Durante os períodos de supressão de água, o solo permaneceu próximo da saturação, devido à precipitação e ao lençol freático elevado; portanto, a supressão de água consistiu, de fato, da supressão da lâmina de água. Os autores observaram que a supressão de água, no período da diferenciação do primórdio floral à floração, diminuiu o número de panículas  $m^{-2}$  e mostrou tendência em reduzir o peso dos grãos, diminuindo a produção. O arroz mostrou-se sensível também à falta de água, no período do início da floração à fase leitosa de enchimento dos grãos, ocorrendo redução no número de panículas  $m^{-2}$  pela retirada de água. A supressão de água, do perfilhamento à diferenciação do primórdio floral, incrementou o número de panículas  $m^{-2}$ , aumentando a produção (STONE et al., 1979).

As fontes de nitrogênio avaliadas não influenciaram a produtividade de grãos nos dois anos de cultivo (Tabela 25). Provavelmente a indiferença entre as fontes de nitrogênio, principalmente quanto ao fertilizante revestido possa estar relacionada as temperaturas que ocorreram no experimento, e que é comum na região dos cerrados, pois segundo IPNI (s.d.) muitos fertilizantes revestidos liberam mais rapidamente os nutrientes com o aumento da umidade e da temperatura do solo. Diversos trabalhos mostram indiferença entre diferentes

fontes de nitrogênio sobre a produtividade de culturas. Lopes et al. (2013) ao analisar a influência das fontes, ureia, sulfato de amônio e sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação sobre a produtividade do arroz de terras altas irrigado por aspersão não observaram diferenças. Os autores afirmaram que esta ausência de resposta para as fontes de N, provavelmente ocorreu devido ao fato de logo após sua aplicação ter sido efetuada a irrigação no experimento, reduzindo assim as perdas por volatilização, principalmente da  $\text{NH}_3$  proveniente da ureia. E também relataram que estes resultados demonstram que o fertilizante sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação não foi eficaz, provavelmente devido às altas temperaturas que ocorrem na região, principalmente na época de condução deste experimento. Da mesma forma, Hernandez et al. (2010) não observaram diferenças na produtividade com as fontes ureia, sulfato de amônio e sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação em arroz de terras altas irrigado por aspersão, e sintetizam que a não diferença entre as fontes de N pode ser atribuída ao fato da baixa perda de amônia por volatilização com a aplicação de ureia, já que o pH do solo se encontrava baixo ( $\text{pH CaCl}_2 = 4,7$ ) e da irrigação logo após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados. Já, no caso do sulfonitrato de amônio (Entec®), as temperaturas superiores a  $25^\circ\text{C}$  durante o período de condução do trabalho prejudicaram a inibição da nitrificação, uma vez que, segundo o fabricante desse fertilizante, a temperatura ideal para tal inibição é de  $20^\circ\text{C}$ .

Peres et al. (2015) analisando o efeito de ureia e ureia revestida em arroz de terras altas irrigado por aspersão com o cultivar IAC 202, concluíram que as fontes de ureia aplicadas em cobertura não influenciaram a produtividade de grãos. Prando et al. (2013) ao estudar a influência das fontes ureia, ureia + inibidor de urease (NBPT) e ureia revestida com polímeros, em 2008, e ureia, ureia + inibidor de urease (NBPT) e sulfato de amônio, em 2009 no cultivo do trigo, concluíram que as fontes de N não afetaram o desempenho produtivo da cultivar BRS Pardela, cultivada após a soja. Por outro lado, Portugal et al. (2015b) verificaram o uso da ureia comum proporcionou maior produtividade de grãos em relação a ureia revestida, resultando em incremento de 15,6% sob o uso da ureia revestida.

#### **4.1.6 Rendimento de benefício, grãos inteiros e quebrados**

Um outro aspecto a ser observado na produção de arroz é a qualidade de grão, pois reflete diretamente no valor de mercado e na aceitação do produto pelo consumidor, como o rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e quebrados (CASTRO et al., 1999).

De maneira geral, o consumidor de arroz tem preferência por um produto uniforme, com baixo conteúdo de grãos quebrados e/ou danificados. Da mesma maneira, um desempenho adequado no beneficiamento, com bons rendimentos de grãos inteiros, também é esperado por produtores e cerealistas, uma vez que o índice de quebra durante o processamento dos grãos afeta o valor do produto no mercado e consiste em fator determinante da aceitação de novos cultivares (CASTRO et al., 1999).

Os dados de rendimento de benefício, de grãos inteiros e grãos quebrados estão contidos na Tabela 29. Observa-se que a interação entre variação hídrica e cultivares foi significativa para todas as variáveis nos dois anos de cultivo.

Ao receber o arroz em casca, o maquinista, inicialmente, procede às determinações da renda no benefício e rendimento do grão (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Renda no benefício refere-se ao percentual de arroz descascado ou beneficiado e polido (inteiros e quebrados) resultante do benefício do arroz em casca (CASTRO et al., 1999; FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006; VIEIRA; RABELO, 2006; BRAGANTINI; EIFERT, 2013).

Ao analisar o rendimento de benefício no ano 2013/14 (Tabela 30), observa-se que no desdobramento de variação hídrica dentro de cultivar não houve diferenças entre a variação hídrica para o cultivar IAC 202, enquanto que para o BRS Esmeralda, o sequeiro resultou em maior rendimento, seguido pela lâmina recomendada e 75% da recomendada. É provável que o maior rendimento no sequeiro no cultivar BRS Esmeralda deve-se a época da colheita (29/03/2014) ter ocorrido menor quantidade de chuvas, que contribuiu para esse resultado, enquanto que o período próximo a colheita nas lâminas recomendada e 75% da recomendação houve maior ocorrência de chuvas, que pode ter prejudicado o rendimento. O rendimento total, ou seja, o percentual de arroz beneficiado e polido resultante do benefício de uma amostra representativa de arroz em casca, é influenciado negativamente pelo excesso de umidade dos grãos no momento da colheita (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Já cultivar dentro de variação hídrica, verifica-se que o cultivar IAC 202 obteve maior valor em comparação ao BRS Esmeralda nas lâminas recomendada e 75% da recomendada, que pode estar associada a diferença entre cultivares quanto a tolerância a umidade na época da colheita. Rodrigues, Soratto e Arf (2004) verificaram diferenças no rendimento de benefício entre cultivares. Silva et al. (2009) também não relataram diferenças entre cultivares de arroz de terras altas para o rendimento de benefício em condições de sequeiro. Neste ano, os valores de todos os tratamentos estão adequados com o estabelecido nacionalmente para o rendimento de benefício, estando acima dos 68%.

**Tabela 29** - Rendimento de benefício, de grãos inteiros e grãos quebrados em função da variação hídrica, cultivares de arroz e fontes de nitrogênio em arroz de terras altas. Selvíria-MS, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | Rendimento (%) |          | Inteiros (%) |          | Quebrados (%) |         |
|-----------------------------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|---------|
|                             | 2013/14        | 2014/15  | 2013/14      | 2014/15  | 2013/14       | 2014/15 |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |                |          |              |          |               |         |
| Recomendada                 | 71,27          | 66,36    | 65,39        | 60,81    | 5,83          | 5,47    |
| 75% da Recomendada          | 69,86          | 65,83    | 62,73        | 59,84    | 7,11          | 5,88    |
| Sequeiro                    | 73,50          | 66,36    | 70,83        | 58,92    | 2,68          | 7,40    |
| DMS                         | 2,11           | 1,85     | 2,66         | 1,81     | 0,80          | 0,76    |
| <b>CULTIVARES</b>           |                |          |              |          |               |         |
| IAC 202                     | 72,23          | 68,67    | 66,90        | 61,90    | 5,33          | 6,68    |
| BRS Esmeralda               | 70,86          | 63,70    | 65,74        | 57,82    | 5,08          | 5,82    |
| DMS                         | 0,99           | 0,70     | 1,42         | 0,96     | 0,60          | 0,41    |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |                |          |              |          |               |         |
| Ureia                       | 71,68          | 66,58    | 66,37        | 60,61    | 5,32          | 5,95    |
| Sulfato de amônio           | 71,57          | 65,68    | 66,20        | 59,21    | 5,34          | 6,38    |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 71,51          | 65,89    | 66,65        | 59,39    | 4,85          | 6,36    |
| Ureia revestida             | 71,41          | 66,59    | 66,05        | 60,21    | 5,32          | 6,30    |
| DMS                         | 1,65           | 1,45     | 2,44         | 1,75     | 1,15          | 0,68    |
| <b>F</b>                    |                |          |              |          |               |         |
| Blocos (B)                  | 1,22ns         | 0,59ns   | 0,85ns       | 0,46ns   | 0,64ns        | 5,62*   |
| Variação hídrica (VH)       | 14,22**        | 0,51ns   | 45,33**      | 5,13ns   | 151,15**      | 34,27** |
| CV (%)                      | 3,85           | 3,64     | 5,23         | 3,94     | 20,15         | 15,76   |
| Cultivares (C)              | 11,41*         | 300,45** | 3,91ns       | 108,73** | 1,08ns        | 25,73** |
| VH x C                      | 8,49*          | 65,16**  | 9,98*        | 55,83**  | 11,62**       | 14,39** |
| CV (%)                      | 2,77           | 2,12     | 4,31         | 3,2      | 23,1          | 13,27   |
| Fontes de N (F)             | 0,07ns         | 1,47ns   | 0,15ns       | 2,03ns   | 0,60ns        | 1,24ns  |
| VH x F                      | 0,64ns         | 0,70ns   | 0,23ns       | 0,43ns   | 1,01ns        | 0,37ns  |
| C x F                       | 1,25ns         | 1,03ns   | 2,28ns       | 0,21ns   | 1,99ns        | 0,63ns  |
| VH x C x F                  | 1,48ns         | 0,78ns   | 1,51ns       | 0,41ns   | 1,38ns        | 0,36ns  |
| CV (%)                      | 3,01           | 2,87     | 4,82         | 3,82     | 29,03         | 14,27   |
| Média                       | 71,54          | 66,18    | 66,32        | 59,86    | 5,21          | 6,25    |

\*\* , \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

**Tabela 30** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de benefício de grãos em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Cultivar                        | Rendimento de Benefício em 2013/14 (%) |                    |          |
|---------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                 | Variação hídrica                       |                    |          |
|                                 | Recomendada                            | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                         | 72,19Aa                                | 71,43Aa            | 73,06Aa  |
| BRS Esmeralda                   | 70,34Bb                                | 68,30Bb            | 73,94Aa  |
| DMS variação dentro de cultivar |  |                    | 2,29     |
| DMS cultivar dentro de variação |  |                    | 1,72     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

O desdobramento de variação hídrica dentro de cultivar para o rendimento de benefício em 2014/15 (Tabela 31) apresentou menor valor para o cultivar IAC 202 no sequeiro em comparação aos tratamentos irrigados, no entanto, para o cultivar BRS Esmeralda ocorreu o contrário, o maior rendimento foi resultante do sequeiro. O maior rendimento para o sequeiro no cultivar BRS Esmeralda provavelmente se deve ao acamamento dos tratamentos irrigados, pois o acamamento reduz a seção transversal dos feixes vasculares, e dessa forma, diminui o movimento dos fotoassimilados e dos nutrientes absorvidos pelas raízes (FAGERIA, 1989; GUIMARÃES; FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2002) causando redução na qualidade do produto (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998) pela formação de grãos malformados. De forma semelhante ao cultivar IAC 202, Crusciol et al. (2003b) também observaram redução no rendimento de grãos no sequeiro em comparação aos tratamentos irrigados. Rodrigues, Soratto e Arf (2004) relataram que a irrigação provocou aumento no rendimento de benefício, entretanto não houve diferença entre os tratamentos irrigados, e afirmam que talvez possa ser explicado pelo fornecimento de água via irrigação ter permitido melhor enchimento de grãos, aumentando assim o rendimento de benefício. Semelhante ao que ocorreu para o IAC 202, Arf et al. (2002), verificaram que em todos os cultivares avaliados as lâminas de água apresentaram maiores valores para o rendimento de benefício em relação ao tratamento não irrigado e afirmam que talvez possa ser explicado pelo fornecimento de água via irrigação ter permitido um melhor enchimento de grãos e assim aumento no rendimento de benefício. Crusciol et al. (2008) observaram maior porcentagem de rendimento de benefício com o tratamento irrigado em comparação ao sequeiro. Já o desdobramento de cultivar dentro de variação hídrica resultou em maior valor para o IAC 202 em relação ao BRS Esmeralda nas lâminas recomendada e 75% da recomendada, o que talvez possa estar relacionado ao acamamento do BRS Esmeralda nos tratamentos irrigados.

A legislação nacional prevê uma renda base em nível nacional de 68% para a renda no benefício, constituída de um rendimento de grão de 40% de grãos inteiros e 28% de grãos quebrados e quirera, apurados após o produto descascado e polido. Rendimentos inferiores ou superiores aos estabelecidos pela renda base devem ser corrigidos pela aplicação de coeficientes específicos (FERREIRA et al., 2005; FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006; VIEIRA; RABELO, 2006). Portanto, os valores de rendimento de benefício do IAC 202 no sequeiro e do BRS Esmeralda em todas as lâminas foram inferiores ao estabelecido nacionalmente, o que resulta em menor valor comercial.

**Tabela 31** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de benefício de grãos em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivar                        | Rendimento de Benefício em 2014/15 (%) |                    |          |
|---------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                 | Variação hídrica                       |                    |          |
|                                 | Recomendada                            | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                         | 69,77Aa                                | 69,69Aa            | 66,54Ba  |
| BRS Esmeralda                   | 62,94Bb                                | 61,98Bb            | 66,18Aa  |
| DMS variação dentro de cultivar |  |                    | 1,91     |
| DMS cultivar dentro de variação |  |                    | 1,21     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

O rendimento de grãos inteiros é considerado como o porcentual de grão descascado e polido que, mesmo quebrado, apresente comprimento igual ou superior a três quartas partes do comprimento mínimo da classe a que pertence (CASTRO et al., 1999; BRAGANTINI; EIFERT, 2013).

No arroz de terras altas, as variações na ocorrência e na intensidade de baixos rendimentos de grãos inteiros no beneficiamento são mais frequentes, principalmente pela cultura estar mais propensa a estresses ambientais que o arroz irrigado, como deficiência hídrica (CASTRO et al., 1999; FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006; VIEIRA; RABELO, 2006).

Em 2013/14 (Tabela 32), no desdobramento de variação hídrica dentro de cultivar, nota-se que para o cultivar IAC 202 houve maior valor de rendimento de inteiros para o sequeiro do que para as lâminas de irrigação avaliadas, e para o BRS Esmeralda o maior valor também ocorreu para o sequeiro, seguido pela lâmina recomendada e 75% da recomendada. O maior valor para o sequeiro provavelmente está associado as condições climáticas próximas a colheita, em que no sequeiro houve um período sem ocorrência de chuvas próximo a colheita. Quanto

aos cultivares dentro de variação hídrica, na lâmina 75% da recomendada, o cultivar IAC 202 proporcionou maior rendimento de grãos inteiros em comparação com o BRS Esmeralda, que é provável que ocorreu pela colheita ter sido realizada em período maior sem ocorrência de chuva próximo a colheita.

**Tabela 32** – Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de inteiros em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Cultivar                        | Rendimento de Inteiros em 2013/14 (%) |                    |          |
|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------|----------|
|                                 | Variação hídrica                      |                    |          |
|                                 | Recomendada                           | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                         | 65,70Ba                               | 65,02Ba            | 69,96Aa  |
| BRS Esmeralda                   | 65,09Ba                               | 60,44Cb            | 71,70Aa  |
| DMS variação dentro de cultivar |                                       |                    | 3,00     |
| DMS cultivar dentro de variação |                                       |                    | 2,47     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Entende-se que a menor porcentagem de grãos inteiros seja resultante do maior valor de grãos quebrados. Dessa forma, há várias causas da maior ou menor quebra de grãos durante o beneficiamento. De acordo com Bragantini e Eifert (2013), essa variação é devida a várias razões, algumas inerentes ao próprio grão e outras decorrentes de estresses ambientais durante o período de permanência do produto no campo, da época e do método de colheita, do manejo pós-colheita e do tipo de processamento a que o produto é submetido. A principal causa consiste no fato de os grãos já saírem do campo com rachaduras e, conseqüentemente, partirem-se durante o descascamento e o polimento. Os grãos gessados, malformados ou danificados são sempre mais sensíveis a esse efeito (CASTRO et al., 1999; BRAGANTINI; EIFERT, 2013).

A principal causa de aparecimento de rachaduras/trincas nos grãos ainda no campo decorre de sua reidratação após terem atingido umidade abaixo de um determinado valor crítico, ou seja, secos. Esse valor é variável conforme o cultivar, mas, para a maioria deles, situa-se em torno de 15%. A reidratação dos grãos pode ocorrer por ação da chuva, do orvalho ou da umidade relativa do ar muito elevada (CASTRO et al., 1999; BRAGANTINI; EIFERT, 2013), comprometendo a renda do benefício e o rendimento do grão (CASTRO et al., 1999).

De forma geral, a tecnologia para produção de sementes preconiza, a realização da colheita no momento mais próximo possível da maturidade fisiológica; entretanto, as sementes, de maneira geral, atingem a maturidade fisiológica com teor de água superior a 30% em base úmida, não compatível com a tecnologia disponível para a colheita mecânica. Assim, a partir

da maturidade fisiológica, as sementes ficam “armazenadas no campo” até atingir teor de umidade compatível com as características de degrana das cultivares, com o equipamento de colheita e com disponibilidade de instalações para secagem. As condições climáticas que ocorrem nesse período de armazenamento determinarão o grau de deterioração do produto, pois assim como todo material biológico, após a maturidade fisiológica apresenta a propriedade de ceder e absorver umidade do ambiente, de acordo com as condições de umidade relativa e temperatura em que se encontra (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

Após o grão ter atingido teor de umidade adequado, a queda no rendimento de grãos inteiros é consequência do processo alternado de secagem e umedecimento, gerador de trincamento interno e/ou de injúria mecânica no decorrer da fase de debulha na colheita mecânica, que quanto mais seco o grão estiver mais severa é a queda (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

O teor de umidade do arroz por ocasião da colheita, assim como as condições climáticas vigentes durante o período que a antecede e que contribuem para flutuações na umidade dos grãos ainda no campo, é fator importante no comportamento do produto no beneficiamento (CASTRO et al., 1999).

Da mesma forma que ocorreu para o rendimento de benefício em 2014/15, para o cultivar IAC 202 ocorreu menor rendimento de grãos inteiros no sequeiro, já para o BRS Esmeralda os menores valores foram proporcionados pelos tratamentos irrigados (Tabela 33). De maneira semelhante ao que ocorreu para o IAC 202, Crusciol et al. (2003b) observaram maior rendimento de grãos inteiros para os tratamentos irrigados em comparação ao sequeiro. Em experimento desenvolvido por Arf et al. (2002) o rendimento de inteiros foi crescente do tratamento sequeiro, seguido pela lâmina menor e maior, já a percentagem de grãos quebrados apresentou comportamento inverso. Os referidos autores relataram que esses resultados evidenciam a importância da adequada disponibilidade de água no solo para a boa formação dos grãos, em que a quantidade de água suficiente favorece a absorção de água e a translocação dos fotoassimilados para os grãos. Os mesmos alegam que grãos bem formados vão apresentar maior resistência aos choques e vibrações proporcionadas pela colheita e pelo beneficiamento, assim, obtém-se um maior rendimento de inteiros, fato este verificado no presente trabalho. Crusciol et al. (2008) observaram maior porcentagem de rendimento de inteiros com o tratamento irrigado em comparação ao sequeiro. Já o menor valor para o rendimento de inteiros nos tratamentos irrigados no cultivar BRS Esmeralda deve-se ao acamamento, pois de acordo com Breseghello, Castro e Morais (1998), quando ocorre o acamamento, a maturação é desuniforme e reduz-se a porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento. Analisando o

desdobramento de cultivar dentro de lâminas, houve maior de rendimento de grãos inteiros para o cultivar IAC 202 em relação ao BRS Esmeralda nas lâminas recomendada e 75% da recomendada, enquanto que no sequeiro ocorreu o inverso. Silva et al. (2009) verificaram diferenças entre cultivares para o rendimento de grãos inteiros em condição de sequeiro. Em experimento desenvolvido por Arf et al. (2002) houve destaque para o cultivar Carajás que apresentou maior rendimento de inteiros e menor percentagem de grãos quebrados nos dois anos de cultivo.

**Tabela 33** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de inteiros em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivar                        | Rendimento de Inteiros em 2014/15 (%) |                    |          |
|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------|----------|
|                                 | Variação hídrica                      |                    |          |
|                                 | Recomendada                           | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                         | 64,23Aa                               | 63,42Aa            | 58,04Bb  |
| BRS Esmeralda                   | 57,39Bb                               | 56,27Bb            | 59,80Aa  |
| DMS variação dentro de cultivar |                                       |                    | 2,03     |
| DMS cultivar dentro de variação |                                       |                    | 1,66     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

O rendimento de grãos quebrados em 2013/14 (Tabela 34) no desdobramento de lâmina dentro de cultivar, verifica-se que ocorreu o inverso do rendimento de grãos inteiros, ou seja, para o cultivar IAC 202 e BRS Esmeralda, o menor valor ocorreu no sequeiro. Dessa forma a menor ocorrência de chuvas durante o período próximo a colheita reduziu o rendimento de grãos quebrados. Já cultivar dentro de lâminas resultou em maior valor para o IAC 202 em relação ao BRS Esmeralda na lâmina recomendada e menor valor na lâmina de 75% recomendada.

**Tabela 34** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de grãos quebrados em 2013/14. Selvíria-MS, 2013/14.

| Cultivar                        | Rendimento de Quebrados em 2013/14 (%) |                    |          |
|---------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                 | Variação hídrica                       |                    |          |
|                                 | Recomendada                            | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                         | 6,46Aa                                 | 6,40Ab             | 3,13Ba   |
| BRS Esmeralda                   | 5,20Bb                                 | 7,81Aa             | 2,23Ca   |
| DMS variação dentro de cultivar |  |                    | 1,06     |
| DMS cultivar dentro de variação |  |                    | 1,04     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Em 2014/15, o rendimento de grãos quebrados para o cultivar IAC 202 foi maior no sequeiro em relação aos tratamentos irrigados (Tabela 35), provavelmente devido a menor disponibilidade de fotoassimilados para a formação de grãos mais bem formados. Segundo Arf et al. (2002) a falta de água no cultivo de sequeiro é um fator importante que pode influenciar na qualidade física do grão, onde a sua formação inadequada e a presença de grãos gessados propiciam a ocorrência de uma maior porcentagem de grãos quebrados. Para o cultivar BRS Esmeralda, o sequeiro resultou em maior valor de grãos quebrados em comparação a lâmina recomenda o que está associado a maior renda no benefício, ou seja, quanto maior o rendimento de benefício houve também maior proporção de rendimento de grãos quebrados haja vista que o rendimento de inteiros foi maior. O desdobramento de cultivar dentro de lâminas resultou em diferenças na condição de sequeiro, em que o cultivar BRS Esmeralda obteve menor valor.

**Tabela 35** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e cultivar para o rendimento de grãos quebrados em 2014/15. Selvíria-MS, 2014/15.

| Cultivar                        | Rendimento de Quebrados em 2014/15 (%) |                    |          |
|---------------------------------|--|--------------------|----------|
|                                 | Variação hídrica                       |                    |          |
|                                 | Recomendada                            | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| IAC 202                         | 5,45Ba                                 | 6,13Ba             | 8,46Aa   |
| BRS Esmeralda                   | 5,48Ba                                 | 5,63ABa            | 6,35Ab   |
| DMS variação dentro de cultivar |  |                    | 0,86     |
| DMS cultivar dentro de variação |  |                    | 0,72     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

#### 4.2. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

Entre vários fatores que afetam a qualidade fisiológica de sementes tem-se as condições ambientais que ocorrem durante a sua formação, diante disso, avaliou-se a qualidade das sementes oriundas de tratamentos utilizando irrigação e fontes de nitrogênio na cultura do arroz. De acordo com Marcos-Filho (2015), são importantes os conhecimentos dos efeitos do genótipo, da fertilidade do solo, disponibilidade de água, temperatura e luz sobre o desenvolvimento da semente, que podem causar variações nas características físicas, potencial fisiológico e sanidade. Ainda segundo o mesmo autor, condições climáticas favoráveis permitem a expressão do potencial genético do cultivar e a obtenção de alta produção e qualidade do produto.

#### **4.2.1 Índice de velocidade de germinação**

O índice de velocidade de germinação para o cultivar IAC 202 nas duas safras foi afetado pela variação hídrica (Tabela 36). Na safra 2013/14 o maior IVG ocorreu no sequeiro, indicando maior vigor das sementes obtidas com esse tratamento. Lotes de sementes com porcentagens de germinação semelhantes frequentemente apresentam diferenças em suas velocidades de germinação, indicando que existem diferenças entre eles (NAKAGAWA, 1999). No campo, a incidência de déficit hídrico aumentou o ciclo do arroz cultivado no sequeiro, assim o período com altas temperaturas incidiu de 36 a 24 dias antes do florescimento, e portanto, resultou em menor influência sobre o vigor das sementes produzidas. Este maior período permitiu que houvesse mais tempo para translocação dos fotoassimilados, permitindo assim uma boa formação das sementes.

Para os tratamentos irrigados, o período de 12 dias com altas temperaturas ocorreu próximo ao florescimento na lâmina recomendada e 75% da recomendada, sendo de 16 a 4 dias antes do florescimento na lâmina recomendada e de 20 a 8 dias antes do florescimento na lâmina de 75% da recomendada, o que pode ter prejudicado a qualidade das sementes. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), o vigor da semente é afetado pelas condições ambientais até mesmo antes de sua formação, uma vez que condições de clima que afetam o desenvolvimento e o florescimento da planta poderão ter reflexos sobre o vigor das futuras sementes. Segundo Marcos Filho (2015), a elevação da temperatura pode promover a formação de sementes/grãos de arroz “gessados”, sensíveis a injúrias mecânicas e de baixo potencial fisiológico. Já na safra 2014/15, o maior valor de IVG ocorreu na lâmina de 75% da recomendada seguida pela lâmina recomendada e pelo sequeiro, ou seja, os tratamentos irrigados proporcionaram maior vigor em

relação ao sequeiro. Crusciol et al. (2001) também verificaram maior IVG para as lâminas de irrigação de 50 e 100% da evapotranspiração em relação ao sequeiro.

Para os dados do teste de índice de velocidade de germinação para o cultivar BRS Esmeralda, verifica-se que houve interação significativa entre a variação hídrica e fontes de nitrogênio para ambas as safras (Tabela 36).

**Tabela 36** - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | IVG     |         |               |         |
|-----------------------------|---------|---------|---------------|---------|
|                             | IAC 202 |         | BRS Esmeralda |         |
|                             | 2013/14 | 2014/15 | 2013/14       | 2014/15 |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |         |         |               |         |
| Recomendada                 | 11,10b  | 10,70b  | 11,13         | 10,59   |
| 75% da Recomendada          | 10,88b  | 11,16a  | 11,23         | 11,01   |
| Sequeiro                    | 11,63a  | 10,09c  | 11,04         | 11,24   |
| DMS                         | 0,38    | 0,40    | 0,39          | 0,42    |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |         |         |               |         |
| Ureia                       | 11,05   | 10,65   | 11,31         | 10,55   |
| Sulfato de amônio           | 11,14   | 10,33   | 10,88         | 11,3    |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 11,19   | 10,81   | 11,22         | 10,68   |
| Ureia revestida             | 11,43   | 10,81   | 11,13         | 11,27   |
| DMS                         | 0,48    | 0,51    | 0,49          | 0,54    |
| <b>F</b>                    |         |         |               |         |
| Variação hídrica (VH)       | 12,39** | 21,70** | 0,71ns        | 7,16**  |
| Fontes de N (F)             | 1,67ns  | 2,83ns  | 1,99ns        | 7,70**  |
| VH x F                      | 1,82ns  | 1,39ns  | 2,51*         | 3,74**  |
| Média                       | 11,20   | 10,65   | 11,13         | 10,95   |
| <b>CV (%)</b>               | 3,91    | 4,36    | 4,03          | 4,47    |

\*\* , \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

O desdobramento das interações entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para IVG em 2013/14 (Tabela 37) com o cultivar BRS Esmeralda mostra que apenas na fonte sulfato de amônio houve diferenças entre a variação hídrica, em que a lâmina recomendada possibilitou a obtenção de maior valor em relação ao sequeiro, porém não diferiu da lâmina de 75% da recomendada. Os dados das fontes ureia, ureia + sulfato de amônio e ureia revestida se assemelham aos verificados por Crusciol et al. (2002) que não detectaram diferenças no IVG ao comparar o sistema irrigado e o sequeiro com os cultivares Carajás e IAC 201. Crusciol et

al. (2012b) também não verificaram diferenças no IVG de sementes de arroz de terras altas oriundas do cultivo em sequeiro e irrigado com as lâminas L1 (0,5 vezes o Kc), L2 (Kc recomendado) e L3 (1,5 vezes o Kc). Em relação as fontes dentro de lâminas, ocorreram diferenças apenas no sequeiro, onde nas plantas onde se aplicou ureia, observou-se sementes com maior vigor em relação ao sulfato de amônio, porém sem diferir das demais.

**Tabela 37** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para índice de velocidade de germinação em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.

| Fontes de N                  | IVG em 2013/14 |                    |          |
|------------------------------|----------------|--------------------|----------|
|                              | Recomendada    | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                        | 11,02Aa        | 11,54Aa            | 11,37Aa  |
| Sulfato de amônio            | 11,25Aa        | 10,92ABa           | 10,47Bb  |
| Ureia + sulfato de amônio    | 11,04Aa        | 11,62Aa            | 10,99Aab |
| Ureia revestida              | 11,22Aa        | 10,83Aa            | 11,33Aab |
| DMS variação dentro de fonte |                |                    | 0,78     |
| DMS fonte dentro de variação |                |                    | 0,86     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Analisando o desdobramento da interação entre variação hídrica e fontes de nitrogênio em 2014/15 para o IVG (Tabela 38) do cultivar BRS Esmeralda, observa-se que nas fontes ureia e ureia + sulfato de amônio ocorreu menor valor para a lâmina recomendada, o que está associado ao acamamento das plantas na lâminas recomendada resultando em menor vigor das sementes produzidas, haja vista que o maior acamamento ocorreu na lâmina recomendada, seguido pela lâmina de 75% da recomendada e pelo sequeiro em que não ocorreu acamamento. De acordo com Crusciol et al. (2002), o acamamento reduz a produtividade e prejudica a qualidade das sementes, sendo que em condições de elevada incidência de acamamento pode até ocorrer o cancelamento de um campo de sementes.

No desdobramento de fontes dentro de variação hídrica (Tabela 38), houve diferenças apenas na lâmina recomendada, em que o sulfato de amônio e a ureia revestida proporcionaram maior índice, pois talvez essas fontes podem ter disponibilizado o nitrogênio de forma mais gradativa contribuindo para melhor nutrição da planta e conseqüentemente a formação de sementes mais vigorosas. Por outro lado, Garcia et al. (2014) ao avaliarem o efeito de cinco fontes de nitrogênio (ureia, ureia revestida, ureia + sulfato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de amônio) aplicadas antes ou logo após a irrigação com lâmina de 10 mm em feijoeiro de inverno irrigado, detectaram maior IVG com o sulfato de amônio em relação a ureia, ureia

revestida e nitrato de amônio quando a lâmina de irrigação foi aplicada após a adubação de cobertura.

**Tabela 38** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para índice de velocidade de germinação em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.

| Fontes de N                   | IVG em 2014/15 |                    |          |
|-------------------------------|----------------|--------------------|----------|
|                               | Recomendada    | Variação hídrica   |          |
|                               |                | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 9,76Bb         | 10,76Aa            | 11,13Aa  |
| Sulfato de amônio             | 11,33Aa        | 10,95Aa            | 11,64Aa  |
| Ureia + sulfato de amônio     | 9,91Bb         | 11,22Aa            | 10,89Aa  |
| Ureia revestida               | 11,38Aa        | 11,13Aa            | 11,30Aa  |
| DMS variação dentro de fontes |                | 0,85               |          |
| DMS fontes dentro de variação |                | 0,93               |          |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

#### 4.2.2 Primeira contagem de germinação

Da mesma forma que ocorreu para o IVG no primeiro ano de cultivo para o IAC 202, a primeira contagem apresentou maior valor para o sequeiro em relação a variação hídrica (Tabela 39), o que é provável que esteja relacionado ao período de altas temperaturas próximas ao florescimento nas lâminas recomendada e 75% da recomendada, haja vista que o florescimento nas plantas cultivadas no sequeiro ocorreu posteriormente. No entanto, Crusciol et al. (2002) não constataram diferenças na primeira contagem ao avaliar o sistema irrigado e o sequeiro com os cultivares IAC 201 e Carajás. Similarmente, ao que ocorreu para as fontes de nitrogênio, Prando et al. (2009) ao avaliarem o efeito do cultivo de trigo com três formas de ureia (ureia convencional, ureia com inibidor de urease-SuperN® e ureia protegida-Kim Coat®) sobre a primeira contagem de germinação das sementes, não relataram diferenças. Garcia et al. (2014) não observaram diferenças na primeira contagem de sementes de feijão em função da aplicação em cobertura de ureia, ureia revestida, sulfato de amônio, ureia + sulfato de amônio.

**Tabela 39** - Primeira contagem de germinação (PC) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | PC (%)  |         |               |         |
|-----------------------------|---------|---------|---------------|---------|
|                             | IAC 202 |         | BRS Esmeralda |         |
|                             | 2013/14 | 2014/15 | 2013/14       | 2014/15 |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |         |         |               |         |
| Recomendada                 | 88b     | 84      | 87            | 83      |
| 75% da Recomendada          | 85b     | 87      | 90            | 87      |
| Sequeiro                    | 92a     | 79      | 87            | 89      |
| DMS                         | 4       | 4       | 3             | 4       |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |         |         |               |         |
| Ureia                       | 87      | 83      | 89            | 81      |
| Sulfato de amônio           | 88      | 81      | 86            | 91      |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 88      | 84      | 88            | 83      |
| Ureia revestida             | 90      | 85      | 88            | 90      |
| DMS                         | 5       | 5       | 4             | 5       |
| <b>F</b>                    |         |         |               |         |
| Variação hídrica (VH)       | 11,78** | 11,10** | 2,48ns        | 7,50**  |
| Fontes de N (F)             | 1,06ns  | 1,45ns  | 1,70ns        | 14,64** |
| VH x F                      | 1,70ns  | 2,65*   | 3,24*         | 4,94**  |
| Média                       | 88      | 83      | 88            | 86      |
| <b>CV (%)</b>               | 4,68    | 5,25    | 4,19          | 5,17    |

\*\*, \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

No segundo ano de cultivo, a interação entre variação hídrica e fontes de nitrogênio foi significativa para a primeira contagem de germinação do cultivar IAC 202 (Tabela 39). Analisando o desdobramento de variação hídrica dentro de fontes (Tabela 40), observa-se que nas fontes ureia e ureia + sulfato de amônio, as sementes obtidas no cultivo de sequeiro apresentaram menor porcentagem de plântulas normais em relação as lâminas de irrigação, o que pode estar relacionado a maior disponibilidade de água ocasionar melhor desenvolvimento da planta e conseqüentemente formar sementes com maior vigor. Crusciol et al. (2001) também verificaram menor valor na primeira contagem para sementes obtidas no cultivo de sequeiro em relação a lâmina recomendada. Quanto ao desdobramento de fontes dentro de variação hídrica, verifica-se que no cultivo de sequeiro houve diferenças entre as fontes, em que a ureia revestida resultou em maior vigor em comparação a ureia, que pode ser associado a menor volatilização da amônia pela ureia revestida, e assim maior quantidade de nitrogênio disponível para a planta com essa fonte. Segundo International Plant Nutrition Institute – IPNI (200-) os fertilizantes

revestidos fornecem um suprimento prolongado de nutrientes que oferece muitos benefícios, como a liberação contínua de nutrientes que pode diminuir a lixiviação e as perdas gasosas e também uma nutrição mais uniforme e melhor crescimento e desempenho das plantas devido à liberação prolongada de nutrientes.

**Tabela 40** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para primeira contagem em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2015.

| Fontes de N                   | Primeira contagem em 2014/15 (%) |                    |          |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica                 |                    |          |
|                               | Recomendada                      | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 84Aa                             | 91Aa               | 75Bb     |
| Sulfato de amônio             | 80Aa                             | 84Aa               | 80Aab    |
| Ureia + sulfato de amônio     | 87Aa                             | 87Aa               | 79Bab    |
| Ureia revestida               | 84Aa                             | 85Aa               | 85Aa     |
| DMS variação dentro de fontes |                                  |                    | 8        |
| DMS fontes dentro de variação |                                  |                    | 8        |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Para primeira contagem de germinação do cultivar BRS Esmeralda nos dois anos, a interação entre variação hídrica e fontes de nitrogênio foi significativa (Tabela 39). Em 2013/14 (Tabela 41), pode-se visualizar que na fonte ureia houve maior porcentagem de plântulas normais para a lâmina de 75% da recomendada em relação a lâmina recomendada, e na fonte ureia + sulfato de amônio a lâmina de 75% da recomendada resultou em maior valor do que a lâmina recomendada e o sequeiro. Esse resultado talvez seja devido ao período de altas temperaturas estar mais próximo do florescimento da lâmina recomendada. Crusciol et al. (2012b) ao avaliarem a qualidade das sementes de arroz de terras altas oriundas do cultivo em sequeiro e com as lâminas L1 (0,5 vezes o Kc), L2 (baseada no Kc recomendado), e L3 (1,5 vezes o Kc) pelo teste de primeira contagem, não verificaram diferenças. Para o efeito das fontes dentro de variação hídrica, nota-se que na lâmina de 75% da recomendada a fonte ureia + sulfato de amônio apresentou sementes com maior vigor do que a ureia revestida e não diferiu de ureia e sulfato de amônio.

**Tabela 41** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para primeira contagem de germinação em 2013/14 de sementes de arroz cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.

| Fontes de N                   | Primeira contagem em 2013/14 (%) |                    |          |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica                 |                    |          |
|                               | Recomendada                      | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 86Ba                             | 93Aab              | 90ABa    |
| Sulfato de amônio             | 88Aa                             | 87Aab              | 83Aa     |
| Ureia + sulfato de amônio     | 85Ba                             | 93Aa               | 87Ba     |
| Ureia revestida               | 89Aa                             | 86Ab               | 90Aa     |
| DMS variação dentro de fontes |                                  |                    | 6        |
| DMS fontes dentro de variação |                                  |                    | 7        |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

No desdobramento da interação entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para primeira contagem de germinação em 2014/15 (Tabela 42) para o BRS Esmeralda, nota-se que na fonte ureia a lâmina recomendada resultou em menor porcentagem de plântulas normais do que a lâmina de 75% da recomendada e o sequeiro, enquanto que na fonte ureia + sulfato de amônio a lâmina recomendada também possibilitou menor valor do que a lâmina recomendada, porém não diferiu do sequeiro. Esses resultados podem ter ocorrido em função do maior acamamento das plantas de BRS Esmeralda na lâmina recomendada ter possibilitado a obtenção de sementes de menor vigor. Quanto as fontes dentro de variação hídrica, pode-se verificar que na lâmina recomendada valor superior foi obtido com o sulfato de amônio e a ureia revestida, já na lâmina de 75% da recomendada obteve-se maior valor para ureia + sulfato de amônio em comparação a ureia, e no sequeiro a maior porcentagem de plântulas normais foi resultante do sulfato de amônio em relação a ureia + sulfato de amônio. No entanto, Prando et al. (2012) não verificaram influência das fontes de ureia (ureia convencional, ureia com inibidor de urease-SuperN® e ureia protegida-Kim Coat®) sobre a primeira contagem de germinação de sementes de trigo.

**Tabela 42** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para primeira contagem de germinação em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.

| Fontes de N                   | Primeira contagem em 2014/15 (%) |                    |          |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------|
|                               | Recomendada                      | Variação hídrica   |          |
|                               |                                  | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 73Bb                             | 82Ab               | 87Aab    |
| Sulfato de amônio             | 91Aa                             | 87Aab              | 94Aa     |
| Ureia + sulfato de amônio     | 77Bb                             | 90Aa               | 84ABb    |
| Ureia revestida               | 91Aa                             | 88Aab              | 91Aab    |
| DMS variação dentro de fontes |                                  |                    | 8        |
| DMS fontes dentro de variação |                                  |                    | 8        |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

### 4.2.3 Germinação

Similarmente ao que ocorreu nos testes de IVG e primeira contagem em 2013/14 para o IAC 202, no teste de germinação no mesmo ano houve maior porcentagem de plântulas normais para o sequeiro em relação aos tratamentos irrigados (Tabela 43), o que cabe a mesma explicação.

Assim como para o IVG do IAC 202 na safra 2014/15, também se observou menor germinação das sementes oriundas do sequeiro em comparação as lâminas de irrigação (Tabela 43). Crusciol et al. (2001) também verificaram menor germinação para as sementes obtidas no cultivo de sequeiro em relação as irrigadas com as lâminas L1 (50% da recomendada) e L2 (recomendada).

Pela análise dos dados de germinação em 2013/14 do cultivar BRS Esmeralda constata-se que não houve influência dos tratamentos sobre a porcentagem de plântulas normais (Tabela 43). De forma semelhante, Crusciol et al. (2012b) não observaram influência sobre a germinação de sementes de arroz de terras altas oriundas do cultivo com as lâminas de 50, 100 e 150% da recomendada e o sequeiro com os cultivares IAC 201 e Carajás. Prando et al. (2009), também não verificaram influência das três formas de ureia (ureia convencional, ureia com inibidor de urease-SuperN® e ureia protegida-Kim Coat®) sobre as sementes de trigo cultivar BRS Pardela oriundas do cultivo com essas fontes sobre a germinação.

**Tabela 43** - Germinação (G) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | G (%)   |         |               |         |
|-----------------------------|---------|---------|---------------|---------|
|                             | IAC 202 |         | BRS Esmeralda |         |
|                             | 2013/14 | 2014/15 | 2013/14       | 2014/15 |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |         |         |               |         |
| Recomendada                 | 91b     | 93b     | 92            | 90      |
| 75% da Recomendada          | 89b     | 97a     | 91            | 94      |
| Sequeiro                    | 96a     | 85c     | 92            | 95      |
| DMS                         | 4       | 3       | 3             | 3       |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |         |         |               |         |
| Ureia                       | 91      | 92      | 93            | 92      |
| Sulfato de amônio           | 91      | 89      | 89            | 95      |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 92      | 92      | 93            | 92      |
| Ureia revestida             | 92      | 93      | 92            | 94      |
| DMS                         | 5       | 4       | 4             | 4       |
| <b>F</b>                    |         |         |               |         |
| Variação hídrica (VH)       | 11,24** | 46,85** | 0,13ns        | 10,90** |
| Fontes de N (F)             | 0,29ns  | 2,41ns  | 2,47ns        | 2,24ns  |
| VH x F                      | 0,99ns  | 1,92ns  | 2,11ns        | 3,42**  |
| Média                       | 92      | 91      | 92            | 93      |
| <b>CV (%)</b>               | 4,58    | 3,89    | 3,61          | 3,80    |

\*\*, \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

Para a germinação das sementes do cultivar BRS Esmeralda em 2014/15 observou-se interação entre variação hídrica e fontes de nitrogênio (Tabela 43), em que nas fontes ureia e ureia + sulfato de amônio (Tabela 44), a lâmina recomendada proporcionou a obtenção de sementes com menor germinação do que a lâmina de 75% da recomendada e o sequeiro, o que provavelmente está relacionado ao maior acamamento na lâmina recomendada. Já ao analisar as fontes dentro da lâmina recomendada, observa-se que o sulfato de amônio e a ureia revestida resultaram em maior porcentagem de germinação em comparação a ureia e a ureia + sulfato de amônio. Garcia et al. (2014) relataram maior germinação para sementes de feijão oriundas do cultivo com sulfato de amônio em relação a ureia e ureia revestida, no entanto foi semelhante a ureia + sulfato de amônio, todas as fontes foram aplicadas em cobertura antes de uma lâmina de irrigação de 10 mm.

A taxa de germinação mínima exigida pela legislação brasileira para sementes de arroz é de 80% (BRASIL, 2013), portanto nos dois anos as sementes produzidas estiveram dentro dos

padrões comerciais, indicando que independentemente dos tratamentos foi possível produzir sementes com bom padrão de qualidade.

**Tabela 44** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para germinação em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.

| Fontes de N                  | Germinação em 2014/15 (%) |                    |          |
|------------------------------|---------------------------|--------------------|----------|
|                              | Variação hídrica          |                    |          |
|                              | Recomendada               | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                        | 85Bb                      | 94Aa               | 96Aa     |
| Sulfato de amônio            | 94Aa                      | 93Aa               | 97Aa     |
| Ureia + sulfato de amônio    | 86Bb                      | 95Aa               | 95Aa     |
| Ureia revestida              | 95Aa                      | 93Aa               | 95Aa     |
| DMS variação dentro de fonte |                           |                    | 6        |
| DMS fonte dentro de variação |                           |                    | 7        |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

#### 4.2.4 Grau de umidade

O grau de umidade das sementes dos diferentes tratamentos nas duas safras para os dois cultivares apresentou valores uniformes, o que é indispensável para a realização dos testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, sendo o valor médio de 10,9% para 2013/14 e 9,5% para 2014/15 com o cultivar IAC 202 e de 10,39% para 2013/14 e 9,13% para 2014/15 com o cultivar BRS Esmeralda (Tabela 45). Teores de água uniformes possibilitam a obtenção de resultados uniformes para o teste de condutividade elétrica sem a necessidade de fazer a uniformização do teor de água dos lotes (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Para Marcos-Filho (1999), a verificação da consistência dos resultados do teste de envelhecimento acelerado é efetuada determinando o teor de água das amostras de sementes antes da sua instalação, sendo que deve ser instalado com amostras cujo teor de água não apresente variação superior a 2% entre os tratamentos, já que as sementes mais úmidas são mais sensíveis as condições do teste, ficando sujeitas a deterioração mais intensa.

**Tabela 45** – Grau de umidade (GU) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | GU (%)  |         |               |         |
|-----------------------------|---------|---------|---------------|---------|
|                             | IAC 202 |         | BRS Esmeralda |         |
|                             | 2013/14 | 2014/15 | 2013/14       | 2014/15 |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |         |         |               |         |
| Recomendada                 | 10,99   | 9,64    | 10,52         | 8,99    |
| 75% da Recomendada          | 10,9    | 9,56    | 10,55         | 9,14    |
| Sequeiro                    | 10,74   | 9,42    | 10,08         | 9,27    |
| DMS                         | -       | -       | -             | -       |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |         |         |               |         |
| Ureia                       | 10,85   | 9,56    | 10,43         | 9,22    |
| Sulfato de amônio           | 10,85   | 9,52    | 10,34         | 9,05    |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 10,96   | 9,47    | 10,34         | 9,14    |
| Ureia revestida             | 10,84   | 9,60    | 10,45         | 9,12    |
| DMS                         | -       | -       | -             | -       |
| <b>F</b>                    |         |         | -             | -       |
| Variação hídrica (VH)       | -       | -       | -             | -       |
| Fontes de N (F)             | -       | -       | -             | -       |
| VH x F                      | -       | -       | -             | -       |
| Média                       | 10,88   | 9,54    | 10,39         | 9,13    |
| <b>CV (%)</b>               | -       | -       | -             | -       |

\*\*, \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

#### 4.2.5 Condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica é um método rápido e prático (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999) que avalia de maneira indireta o vigor das sementes e considera-se que quanto maior for a liberação de exsudatos (eletrólitos), maior é a condutividade elétrica da solução, o que corresponde ao menor vigor do lote de sementes em razão do maior grau de desestruturação das membranas. Esse teste se baseia no princípio de que sementes menos vigorosas (ou mais deterioradas) apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a embebição e, conseqüentemente liberam maiores quantidades de solutos (açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons inorgânicos) para o exterior (MARCOS FILHO, 2015).

Para o cultivar IAC 202 houve interação significativa entre lâminas e fontes de nitrogênio em 2013/14 para a condutividade elétrica (Tabela 46).

**Tabela 46** – Condutividade elétrica (CE) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | CE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) |              |               |             |
|-----------------------------|--|--------------|---------------|-------------|
|                             | IAC 202                                    |              | BRS Esmeralda |             |
|                             | 2013/14                                    | 2014/15      | 2013/14       | 2014/15     |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |  |              |               |             |
| Recomendada                 | 18,55                                      | 21,12ab      | 17,85b        | 18,24b      |
| 75% da Recomendada          | 23,11                                      | 22,53a       | 17,77b        | 19,50a      |
| Sequeiro                    | 39,61                                      | 19,85b       | 37,40a        | 16,51c      |
| DMS                         | 2,47                                       | 1,85         | 2,47          | 1,11        |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |  |              |               |             |
| Ureia                       | 26,43                                      | 21,11        | 23,47         | 17,06b      |
| Sulfato de amônio           | 26,23                                      | 21,42        | 24,57         | 18,18ab     |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 26,65                                      | 21,30        | 24,22         | 18,75a      |
| Ureia revestida             | 29,05                                      | 20,84        | 25,10         | 18,35ab     |
| DMS                         | 3,14                                       | 2,35         | 3,14          | 1,42        |
| <b>F</b>                    |  |              |               |             |
| Variação hídrica (VH)       | 240,43**                                   | 6,29**       | 251,24**      | 21,74**     |
| Fontes de N (F)             | 2,54ns                                     | 0,17ns       | 0,69ns        | 3,78*       |
| VH x F                      | 3,48**                                     | 2,35ns       | 1,52ns        | 0,71ns      |
| Média                       | 27,09                                      | 21,17        | 24,34         | 18,09       |
| <b>CV (%)</b>               | <b>10,55</b>                               | <b>10,09</b> | <b>11,73</b>  | <b>7,13</b> |

\*\* , \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

Nota-se que em todas as fontes de nitrogênio as sementes obtidas nas condições de sequeiro mostraram maior valor de condutividade elétrica em relação as obtidas com os tratamentos irrigados, portanto menor vigor (Tabela 47). No entanto, para este genótipo o teste de condutividade elétrica não foi muito preciso, pois o sequeiro na maioria dos testes resultou em maior vigor, o que se atribui ao material genético. Rech, Villela e Tillmann (1999) verificaram que as informações obtidas no teste de condutividade elétrica mostraram de um modo geral, uma eficiência variável na separação das sementes em diferentes níveis de vigor e que variou conforme o cultivar de ervilha utilizada, já que com o cultivar Crioula os tratamentos que apresentaram maior valor nos testes de germinação e tetrazólio, também mostraram maior

valor no teste de condutividade elétrica. Em trabalho desenvolvido por Carvalho et al. (2009) foi observado esse efeito para o teste de condutividade elétrica, cujo tratamento que apresentou valor superior em alguns testes também resultou maior valor no teste de condutividade elétrica em sementes de arroz de terras altas. Dessa forma, possa ser que o teste de condutividade elétrica apresente variações nos resultados em alguns cultivares, contrariando as premissas do teste, ou seja, maiores valores de condutividade elétrica da solução de embebição associado a menor vigor. Quanto as fontes de N, ocorreu diferenças apenas no sequeiro, em que a ureia revestida e o sulfato de amônio resultaram em maior valor em comparação a ureia. Os dados dos tratamentos irrigados se assemelham aos obtidos por Garcia et al. (2014) que não verificaram diferenças entre as fontes ureia, sulfato de amônio, ureia+sulfato de amônio e ureia revestida sobre a condutividade elétrica das sementes de feijão produzidas sob irrigação por aspersão.

**Tabela 47** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para condutividade elétrica em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2014.

| Fontes de N                  | Condutividade elétrica em 2013/14 ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) |                    |          |
|------------------------------|---|--------------------|----------|
|                              | Variação hídrica  |                    |          |
|                              | Recomendada   | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                        | 19,79Ba   | 24,59Ba            | 34,92Ab  |
| Sulfato de amônio            | 17,83Ba   | 20,33Ba            | 40,55Aa  |
| Ureia + sulfato de amônio    | 17,09Ca   | 23,86Ba            | 39,01Aab |
| Ureia revestida              | 19,50Ba   | 23,67Ba            | 43,98Aa  |
| DMS variação dentro de fonte |   |                    | 4,94     |
| DMS fonte dentro de variação |   |                    | 5,45     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Para as sementes do cultivar IAC 202 obtidas na safra 2014/15 houve influência apenas da variação hídrica sobre a condutividade elétrica (Tabela 46). O maior valor ocorreu para a lâmina de 75% da recomendada que diferiu do sequeiro. Da mesma maneira que no primeiro ano, também se verificou que nos tratamentos em que nos testes anteriores resultaram em maior vigor, nesse teste ocorreu indicativo de menor vigor. De forma semelhante, em trabalho desenvolvido por Crusciol et al. (2012b) não foi detectada diferenças entre as sementes oriundas do sequeiro e com a lâmina recomendada para o arroz de terras altas cultivar IAC 201 em 1995/96, no valor do teste de condutividade elétrica. Por outro lado, há de se considerar que os valores observados são muito próximos e que com o baixo coeficiente de variação verificado é

possível que as diferenças ocorridas não sejam suficientes para detectar grandes diferenças de desempenho entre as sementes dos diferentes tratamentos.

O teste de condutividade elétrica em 2013/14 indicou diferença entre a variação hídrica para o BRS Esmeralda, sendo que o sequeiro proporcionou menor vigor do que os tratamentos irrigados (Tabela 46). Crusciol et al. (2001) também constataram menor vigor para o sequeiro em relação as lâminas de irrigação de 50, 100, 150% da recomendada. Crusciol et al. (2002), ao estudar o efeito do sistema irrigado comparado ao sequeiro sobre a qualidade de sementes de arroz de terras altas no ano agrícola 1994/95, observaram maior valor de condutividade elétrica para o sequeiro, ou seja, menor vigor. Crusciol et al. (2012b) relataram maior valor de condutividade elétrica para sementes oriundas do cultivo em sequeiro em relação as oriundas do cultivo com diversas lâminas de irrigação no ano de 1994/95. Já em 2014/15 houve influência da variação hídrica e das fontes de nitrogênio sobre o resultado do teste de condutividade elétrica (Tabela 46), em que o maior vigor foi obtido no sequeiro, seguido da lâmina recomendada e 75% da recomendada, ou seja, os tratamentos irrigados resultaram em menor vigor em comparação ao sequeiro, devido principalmente ao acamamento. Em relação as fontes de nitrogênio, verifica-se que a ureia + sulfato de amônio proporcionou menor vigor do que a ureia e não diferiu das demais fontes.

#### **4.2.6 Comprimento de plântula**

Outros testes para avaliar o vigor das sementes são aqueles que visam avaliar o crescimento das plântulas determinando o comprimento da plântula ou mensurando o peso de matéria seca do eixo embrionário da plântula, tendo em vista que as amostras que apresentam os maiores valores médios (comprimento e peso de matéria seca) são as mais vigorosas, ou seja, provém de lotes com sementes mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999).

Para o comprimento de plântulas do IAC 202 não houve interferência dos tratamentos em 2013/14, no entanto em 2014/15 ocorreu interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio (Tabela 48).

**Tabela 48** – Comprimento de plântulas (CP) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | CP (mm plântula <sup>-1</sup> ) |             |               |             |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------|---------------|-------------|
|                             | IAC 202                         |             | BRS Esmeralda |             |
|                             | 2013/14                         | 2014/15     | 2013/14       | 2014/15     |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |                                 |             |               |             |
| Recomendada                 | 77,9                            | 32,8        | 91,4          | 33,2        |
| 75% da Recomendada          | 79,2                            | 31,7        | 92,3          | 36,5        |
| Sequeiro                    | 80,9                            | 32,9        | 64,2          | 41,4        |
| DMS                         | 5,5                             | 2,4         | 5,3           | 2,1         |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |                                 |             |               |             |
| Ureia                       | 76,9                            | 34,1        | 81,8          | 34,9        |
| Sulfato de amônio           | 81,0                            | 32,0        | 82,0          | 34,4        |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 79,8                            | 33,8        | 84,6          | 39,9        |
| Ureia revestida             | 79,6                            | 30,0        | 82,3          | 39,1        |
| DMS                         | 7,0                             | 3,0         | 6,8           | 2,7         |
| <b>F</b>                    |                                 |             |               |             |
| Variação hídrica (VH)       | 0,91ns                          | 0,86ns      | 107,49**      | 46,06**     |
| Fontes de N (F)             | 0,88ns                          | 5,57**      | 0,54ns        | 16,54**     |
| VH x F                      | 2,40ns                          | 13,18**     | 4,97**        | 6,44**      |
| Média                       | 79,3                            | 32,5        | 82,6          | 37,1        |
| <b>CV (%)</b>               | <b>8,03</b>                     | <b>8,44</b> | <b>7,45</b>   | <b>6,54</b> |

\*\* , \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

Analisando o desdobramento da interação, verifica-se que na fonte ureia o maior comprimento foi proporcionado pela lâmina recomendada em comparação a lâmina de 75% da recomendada e sequeiro; na fonte sulfato de amônio o maior valor ocorreu para o sequeiro em comparação a lâmina de 75% da recomendada; na fonte ureia + sulfato de amônio o maior valor foi resultante da lâmina de 75% recomendada e sequeiro em relação a lâmina recomendada; na fonte ureia revestida não houve diferenças entre as lâminas (Tabela 49). Já fontes dentro de variação hídrica, observa-se que na lâmina recomendada a ureia proporcionou maior comprimento de plântula, seguida pelo sulfato de amônio e por ureia+sulfato de amônio e ureia revestida, enquanto que na lâmina de 75% da recomendada, a ureia+sulfato de amônio resultou em valor superior em relação as outras fontes.

**Tabela 49** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para comprimento de plântula em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2015.

| Fontes de N                   | Comprimento de plântula em 2014/15<br>(mm plântula <sup>-1</sup> ) |                    |          |
|-------------------------------|--|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica   |                    |          |
|                               | Recomendada  | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 41,6Aa   | 29,5Bb             | 31,1Ba   |
| Sulfato de amônio             | 33,0ABb  | 29,1Bb             | 33,8Aa   |
| Ureia + sulfato de amônio     | 28,9Bbc  | 38,2Aa             | 34,3Aa   |
| Ureia revestida               | 27,7Ac   | 30,2Ab             | 32,2Aa   |
| DMS variação dentro de fontes |  |                    | 4,7      |
| DMS fontes dentro de variação |  |                    | 5,2      |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

O comprimento de plântula foi afetado nos dois anos pela interação entre variação hídrica e fontes de nitrogênio (Tabela 48) para o cultivar BRS Esmeralda. Em 2013/14, em todas as fontes de nitrogênio, o sequeiro proporcionou menor comprimento de plântula em relação as lâminas de irrigação (Tabela 50). Na lâmina recomendada, observou-se maior comprimento de plântula para a ureia + sulfato de amônio do que a ureia e não diferiu das demais fontes; já na lâmina de 75% da recomendada a ureia revestida resultou em menor valor do que as demais fontes; e no sequeiro a ureia revestida proporcionou maior vigor do que o sulfato de amônio e não diferiu da ureia e da ureia + sulfato de amônio.

**Tabela 50** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para comprimento de plântula em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.

| Fontes de N                   | Comprimento de plântula em 2013/14<br>(mm plântula <sup>-1</sup> ) |                    |          |
|-------------------------------|--|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica   |                    |          |
|                               | Recomendada  | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 84,8Ab   | 95,4Aa             | 65,2Bab  |
| Sulfato de amônio             | 91,1Aab  | 95,4Aa             | 59,5Bb   |
| Ureia + sulfato de amônio     | 97,1Aa   | 96,0Aa             | 60,7Bab  |
| Ureia revestida               | 92,9Aab  | 82,4Ab             | 71,6Ba   |
| DMS variação dentro de fontes |  |                    | 10,6     |
| DMS fontes dentro de variação |  |                    | 11,7     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

Para o desdobramento entre variação hídrica e fontes de nitrogênio do teste de comprimento de plântula para as sementes do BRS Esmeralda em 2014/15 (Tabela 51), observa-se nas fontes ureia e sulfato de amônio que o sequeiro apresentou sementes com maior vigor do que as lâminas; na fonte ureia + sulfato de amônio visualiza-se que a lâmina de 75% da recomendada proporcionou maior vigor do que a lâmina recomendada, mas não diferiu do sequeiro; e na ureia revestida houve maior vigor para o sequeiro seguido da lâmina de 75% da recomendada e da lâmina recomendada. Já em relação as fontes, verifica-se que na lâmina recomendada a ureia + sulfato de amônio apresentou superior vigor em comparação a ureia revestida; na lâmina de 75% da recomendada houve menor vigor para as fontes ureia e sulfato de amônio; e no sequeiro ocorreu vigor superior para ureia revestida. Por outro lado, Garcia et al. (2014) observaram maior comprimento da raiz principal de sementes de feijão oriundas do cultivo com aplicação em cobertura de sulfato de amônio do que com ureia, ureia revestida e ureia + sulfato de amônio sob condições irrigadas.

**Tabela 51** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para comprimento de plântula em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.

| Fontes de N                   | Comprimento de plântula em 2014/15<br>(mm plântula <sup>-1</sup> ) |                    |          |
|-------------------------------|--|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica   |                    |          |
|                               | Recomendada  | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 32,3Bab  | 31,6Bb             | 40,7Ab   |
| Sulfato de amônio             | 32,3Bab  | 32,4Bb             | 38,4Ab   |
| Ureia + sulfato de amônio     | 36,7Ba   | 42,1Aa             | 40,8ABb  |
| Ureia revestida               | 31,7Cb   | 39,9Ba             | 45,8Aa   |
| DMS variação dentro de fontes |  |                    | 4,2      |
| DMS fontes dentro de variação |  |                    | 4,6      |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

#### 4.2.7 Massa seca de plântula

A massa seca de plântula em 2013/14 (Tabela 52) do IAC 202 diferiu em função da variação hídrica, no entanto, as médias pelo teste de Tukey não permitiram esta detecção. Porém ao observar os dados, observa-se superioridade para as sementes obtidas das plantas do sequeiro. Prando et al. (2009), da mesma forma que ocorreu para as fontes, não detectaram diferenças entre ureia convencional, ureia com inibidor de urease-SuperN® e ureia protegida-

Kim Coat® sobre a massa seca de plântulas de trigo. Já em 2014/15, houve interferência da variação hídrica e das fontes de nitrogênio sobre a massa seca de plântula. A maior massa seca de plântula foi verificada para a lâmina recomendada em comparação ao sequeiro, no entanto não diferiu da lâmina de 75% da recomendada. Talvez esse resultado possa estar relacionado a maior disponibilidade de água resultar em melhor desenvolvimento da planta e em consequência maior disponibilidade de fotoassimilados para enchimento das sementes. Em relação aos efeitos das fontes de nitrogênio, verifica-se desempenho inferior das sementes onde se aplicou ureia revestida em relação a ureia e sulfato de amônio + ureia. Garcia et al. (2014) estudando o efeito de fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura sobre o vigor de sementes de feijão utilizando o teste de massa seca de plântulas, detectaram maior massa seca para fontes sulfato de amônio e ureia + sulfato de amônio em relação a ureia e ureia revestida, o que em parte concorda com observações do presente trabalho.

**Tabela 52** – Massa seca de plântula (MS) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | MS (mg plântula <sup>-1</sup> ) |         |               |          |
|-----------------------------|---------------------------------|---------|---------------|----------|
|                             | IAC 202                         |         | BRS Esmeralda |          |
|                             | 2013/14                         | 2014/15 | 2013/14       | 2014/15  |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |                                 |         |               |          |
| Recomendada                 | 2,2                             | 1,5a    | 0,8a          | 1,66     |
| 75% da Recomendada          | 2,2                             | 1,5ab   | 0,6ab         | 1,77     |
| Sequeiro                    | 2,5                             | 1,4b    | 0,4b          | 1,88     |
| DMS                         | 0,3                             | 0,1     | 0,3           | 0,04     |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |                                 |         |               |          |
| Ureia                       | 2,3                             | 1,5a    | 0,5           | 1,75     |
| Sulfato de amônio           | 2,3                             | 1,5ab   | 0,5           | 1,72     |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 2,3                             | 1,5a    | 0,7           | 1,79     |
| Ureia revestida             | 2,3                             | 1,4b    | 0,6           | 1,81     |
| DMS                         | 0,4                             | 0,1     | 0,4           | 0,05     |
| <b>F</b>                    |                                 |         |               |          |
| Variação hídrica (VH)       | 3,29*                           | 4,65*   | 8,50**        | 108,13** |
| Fontes de N (F)             | 0,06ns                          | 8,19**  | 1,49ns        | 11,31**  |
| VH x F                      | 0,86ns                          | 1,87ns  | 1,26ns        | 2,44*    |
| Média                       | 2,3                             | 1,5     | 0,6           | 1,8      |
| <b>CV (%)</b>               | 16,48                           | 4,87    | 14,95         | 2,47     |

\*\*, \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. Os dados de massa seca de plântulas do BRS Esmeralda 2013/14 foram transformados para  $\sqrt{(Y+0,5)}$  para a realização da análise estatística.

Fonte: Dados da própria autora.

A massa seca de plântula em 2013/14 do cultivar BRS Esmeralda foi influenciada pela variação hídrica (Tabela 52), em que na lâmina recomendada ocorreu massa superior ao sequeiro. As sementes que apresentam maiores pesos médios de matéria seca de plântulas são as mais vigorosas, uma vez que sementes vigorosas proporcionam maior transferência de matéria seca de seus tecidos de reserva para o eixo embrionário na fase de germinação (NAKAGAWA, 1999). Para a massa seca de plântula em 2014/15 ocorreu interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio.

O desdobramento da interação variação hídrica x fontes de N para massa seca de plântula em 2014/15 do cultivar BRS Esmeralda (Tabela 53) mostra que nas fontes ureia, sulfato de amônio e ureia + sulfato de amônio, no sequeiro observou-se maior vigor, seguido da lâmina de 75% da recomendada e da lâmina recomendada, enquanto que na ureia revestida o sequeiro e a lâmina de 75% da recomendada apresentaram maior vigor em relação a lâmina recomendada. O menor vigor nos tratamentos irrigados também pode ser atribuído ao acamamento, pois de acordo com Fageria (1989) o acamamento reduz a seção transversal dos feixes vasculares, e dessa forma, diminui o movimento dos fotoassimilados e dos nutrientes absorvidos pelas raízes. Quanto as diferenças entre fontes dentro de variação hídrica, houve menor vigor para as fontes ureia e sulfato de amônio em comparação a ureia revestida na lâmina recomendada; já na lâmina de 75% da recomendada essas mesmas fontes (ureia e sulfato de amônio) tiveram vigor inferior a ureia revestida.

**Tabela 53** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para massa seca de plântula em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.

| Fontes de N                   | Matéria seca de plântula em 2014/15 (mg plântula <sup>-1</sup> ) |                    |          |
|-------------------------------|--|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica   |                    |          |
|                               | Recomendada  | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 1,62Cb   | 1,73Bbc            | 1,91Aa   |
| Sulfato de amônio             | 1,62Cb   | 1,71Bc             | 1,84Aa   |
| Ureia + sulfato de amônio     | 1,67Cab  | 1,80Bab            | 1,91Aa   |
| Ureia revestida               | 1,72Ba   | 1,86Aa             | 1,88Aa   |
| DMS variação dentro de fontes |  |                    | 0,08     |
| DMS fontes dentro de variação |  |                    | 0,08     |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Dados da própria autora.

#### 4.2.8 Envelhecimento acelerado

Para as sementes dos dois cultivares oriundas das duas safras foram observadas interações entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 54).

**Tabela 54** – Envelhecimento acelerado (EA) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | EA (%)     |             |               |             |
|-----------------------------|------------|-------------|---------------|-------------|
|                             | IAC 202    |             | BRS Esmeralda |             |
|                             | 2013/14    | 2014/15     | 2013/14       | 2014/15     |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |            |             |               |             |
| Recomendada                 | 86         | 80          | 90            | 78          |
| 75% da Recomendada          | 86         | 81          | 87            | 77          |
| Sequeiro                    | 89         | 65          | 85            | 83          |
| DMS                         | 4          | 5           | 4             | 5           |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |            |             |               |             |
| Ureia                       | 88         | 74          | 90            | 77          |
| Sulfato de amônio           | 87         | 75          | 86            | 76          |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 86         | 72          | 89            | 79          |
| Ureia revestida             | 86         | 81          | 84            | 84          |
| DMS                         | 5          | 6           | 5             | 6           |
| <b>F</b>                    |            |             |               |             |
| Variação hídrica (VH)       | 3,11ns     | 39,53**     | 3,31*         | 4,60*       |
| Fontes de N (F)             | 0,42ns     | 5,59**      | 4,08*         | 5,14**      |
| VH x F                      | 3,95**     | 5,85**      | 2,43*         | 3,25*       |
| Média                       | 87         | 75          | 87            | 79          |
| <b>CV (%)</b>               | <b>5,2</b> | <b>7,39</b> | <b>5,65</b>   | <b>6,98</b> |

\*\* , \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

No desdobramento de variação hídrica dentro de fontes de nitrogênio em 2013/14 (Tabela 55) do cultivar IAC 202, verifica-se que na fonte ureia, as sementes obtidas em condições de sequeiro resultaram em maior porcentagem de plântulas normais em comparação a lâmina recomendada; na fonte sulfato de amônio observou-se menor valor para a lâmina de 75% da recomendada; com a ureia + sulfato de amônio não houve diferenças entre as lâminas; na fonte ureia revestida o maior valor foi obtido com a lâmina de 75% da recomendada em relação a lâmina recomendada. Quanto as fontes dentro da lâmina de 75% da recomendada,

valor superior de porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado foi observado para a ureia revestida em relação ao sulfato de amônio, não havendo diferenças entre as fontes ureia e ureia + sulfato de amônio.

**Tabela 55** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para envelhecimento acelerado em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2014.

| Fontes de N                   | Envelhecimento acelerado em 2013/14 (%) |                                       |          |
|-------------------------------|---|---------------------------------------|----------|
|                               | Recomendada                             | Varição hídrica<br>75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 83Ba                                    | 88ABab                                | 92Aa     |
| Sulfato de amônio             | 90Aa                                    | 81Bb                                  | 91Aa     |
| Ureia + sulfato de amônio     | 87Aa                                    | 84Aab                                 | 88Aa     |
| Ureia revestida               | 83Ba                                    | 91Aa                                  | 85ABa    |
| DMS variação dentro de fontes |   |                                       | 8        |
| DMS fontes dentro de variação |   |                                       | 9        |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Avaliando o desdobramento de variação hídrica dentro de fontes em 2014/15 para o envelhecimento acelerado (Tabela 56) do cultivar IAC 202, nota-se que as sementes obtidas em condições de sequeiro resultaram em menor porcentagem de plântulas normais em relação aos tratamentos irrigados nas fontes ureia, ureia + sulfato de amônio e ureia revestida. Os dados são concordantes com os obtidos por Crusciol et al. (2002) no ano agrícola 1994/95, em que foram maiores para o sistema irrigado do que o sequeiro. Por outro lado, Crusciol et al. (2001) não observaram diferenças de desempenho das sementes obtidas das plantas cultivadas em sequeiro ou sob lâminas de irrigação no teste de envelhecimento acelerado. Quanto ao desdobramento de fontes dentro de variação hídrica, ocorreu diferenças apenas no sequeiro, em que a ureia, o sulfato de amônio e a ureia revestida proporcionaram superior valor em comparação a ureia + sulfato de amônio. Similarmente ao que ocorreu para os tratamentos irrigados, Garcia et al. (2014) não relataram diferenças na porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado de sementes de feijão produzidas em condições irrigadas com diferentes fontes de nitrogênio em cobertura (ureia, sulfato de amônio, ureia + sulfato de amônio e ureia revestida) em que os fertilizantes foram incorporados com lâmina de irrigação de 10 mm.

**Tabela 56** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para envelhecimento acelerado em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar IAC 202. Ilha Solteira-SP, 2015.

| Fontes de N                   | Envelhecimento acelerado em 2014/15 (%) |                    |          |
|-------------------------------|---|--------------------|----------|
|                               | Recomendada                             | Variação hídrica   |          |
|                               |   | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 80Aa                                    | 78Aa               | 65Ba     |
| Sulfato de amônio             | 75Aa                                    | 77Aa               | 72Aa     |
| Ureia + sulfato de amônio     | 83Aa                                    | 82Aa               | 51Bb     |
| Ureia revestida               | 84Aa                                    | 86Aa               | 74Ba     |
| DMS variação dentro de fontes |   |                    | 10       |
| DMS fontes dentro de variação |   |                    | 11       |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

No desdobramento de variação hídrica dentro de fontes em 2013/14 para o envelhecimento acelerado (Tabela 57) do cultivar BRS Esmeralda, observa-se que na fonte sulfato de amônio, as sementes obtidas no cultivo de sequeiro apresentaram menor vigor do que as dos tratamentos irrigados. Da mesma maneira que ocorreu com as demais fontes, ureia, ureia + sulfato de amônio e ureia revestida, Crusciol et al. (2012b) não relataram diferenças no vigor pelo teste de envelhecimento acelerado entre as sementes de arroz de terras altas oriundas do cultivo em sequeiro, com a lâmina de 50% da recomendada e a lâmina recomendada. Já as diferenças entre as fontes de nitrogênio ocorreram apenas na lâmina de 75% da recomendada e no sequeiro, em que menor porcentagem de plântulas normais foi obtida com a ureia revestida na lâmina de 75% da recomendada enquanto que no sequeiro, o menor valor ocorreu para a fonte sulfato de amônio em relação a ureia + sulfato de amônio.

**Tabela 57** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para envelhecimento acelerado em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.

| Fontes de N                   | Envelhecimento acelerado em 2013/14 (%) |                    |          |
|-------------------------------|---|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica                        |                    |          |
|                               | Recomendada                             | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 93Aa                                    | 89Aa               | 88Aab    |
| Sulfato de amônio             | 88Aa                                    | 90Aa               | 79Bb     |
| Ureia + sulfato de amônio     | 90Aa                                    | 89Aa               | 89Aa     |
| Ureia revestida               | 87Aa                                    | 79Ab               | 86Aab    |
| DMS variação dentro de fontes |   |                    | 9        |
| DMS fontes dentro de variação |   |                    | 9        |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Na Tabela 58 pode ser observado o desdobramento entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para o teste de envelhecimento acelerado em 2014/15 do BRS Esmeralda. Verifica-se que para a fonte ureia houve maior porcentagem de plântulas normais na lâmina de 75% da recomendada em relação ao sequeiro, mas não diferiu da lâmina recomendada. Já as fontes dentro de variação hídrica, nota-se que na lâmina recomendada ocorreu maior valor no teste de envelhecimento acelerado para a ureia revestida em comparação ao sulfato de amônio, não diferindo de ureia e ureia + sulfato de amônio; na lâmina de 75% da recomendada, as fontes ureia e ureia revestida proporcionaram vigor superior ao sulfato de amônio; e no sequeiro, o sulfato de amônio e a ureia revestida foram superiores a ureia, no entanto não foram diferentes de ureia + sulfato de amônio.

**Tabela 58** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para envelhecimento acelerado em 2014/15 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2015.

| Fontes de N                   | Envelhecimento acelerado em 2014/15 (%) |                    |          |
|-------------------------------|---|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica                        |                    |          |
|                               | Recomendada                             | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 77ABab                                  | 86Aa               | 70Bb     |
| Sulfato de amônio             | 73Ab                                    | 74Ab               | 82Aa     |
| Ureia + sulfato de amônio     | 78Aab                                   | 85Aab              | 76Aab    |
| Ureia revestida               | 84Aa                                    | 87Aa               | 83Aa     |
| DMS variação dentro de fontes |   |                    | 10       |
| DMS fontes dentro de variação |   |                    | 11       |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

#### 4.2.9 Teste de frio

Para o teste de frio, detectou-se diferenças de vigor de sementes do IAC 202 apenas em 2013/14 (Tabela 59), em que as sementes das plantas cultivadas em sequeiro apresentaram maior valor de porcentagem de plântulas normais. Como se observa, não houve diferenças entre as fontes de nitrogênio para a porcentagem de plântulas normais no teste de frio em nenhum dos anos avaliados, sendo que os dados são concordantes com os de Prando et al. (2009), que ao analisar o efeito de três formas de ureia (ureia convencional, ureia com inibidor de urease-SuperN® e ureia protegida-Kim Coat®) sobre a qualidade fisiológica de sementes de trigo, não verificaram diferenças quando se realizou este teste.

**Tabela 59** – Teste de frio (TF) de sementes de arroz de terras altas cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda oriundas do cultivo com diferente variação hídrica e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira-SP, 2013/13 e 2014/15.

| Tratamentos                 | TF (%)      |             |               |             |
|-----------------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
|                             | IAC 202     |             | BRS Esmeralda |             |
|                             | 2013/14     | 2014/15     | 2013/14       | 2014/15     |
| <b>VARIAÇÃO HÍDRICA</b>     |             |             |               |             |
| Recomendada                 | 83b         | 79          | 88            | 72          |
| 75% da Recomendada          | 82b         | 74          | 83            | 77          |
| Sequeiro                    | 90a         | 80          | 88            | 75          |
| DMS                         | 4           | 6           | 4             | 5           |
| <b>FONTES DE NITROGÊNIO</b> |             |             |               |             |
| Ureia                       | 85          | 80          | 88            | 76          |
| Sulfato de amônio           | 84          | 79          | 85            | 74          |
| Sulfato de amônio + Ureia   | 85          | 76          | 87            | 74          |
| Ureia revestida             | 86          | 76          | 85            | 76          |
| DMS                         | 5           | 8           | 5             | 6           |
| <b>F</b>                    |             |             |               |             |
| Variação hídrica (VH)       | 12,99**     | 3,27ns      | 7,05**        | 2,48ns      |
| Fontes de N (F)             | 0,36ns      | 1,08ns      | 1,83ns        | 0,65ns      |
| VH x F                      | 1,81ns      | 0,70ns      | 2,44*         | 1,59ns      |
| Média                       | 85          | 78          | 87            | 75          |
| <b>CV (%)</b>               | <b>5,58</b> | <b>9,48</b> | <b>5,14</b>   | <b>7,75</b> |

\*\* , \* e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Dados da própria autora.

Ao avaliar variação hídrica dentro de fontes de nitrogênio para o teste de frio em 2013/14 (Tabela 60) do BRS Esmeralda, verifica-se que na fonte ureia + sulfato de amônio a lâmina recomendada proporcionou maior porcentagem de plântulas normais do que a lâmina de 75% da recomendada e não foi diferente do sequeiro; já na fonte ureia revestida nota-se que a lâmina recomendada e o sequeiro resultaram em valor superior a lâmina de 75% da recomendada. Quanto ao desdobramento de fontes de nitrogênio dentro de variação hídrica, observa-se que na lâmina recomendada, a fonte sulfato de amônio apresentou sementes com vigor inferior a ureia + sulfato de amônio, e na lâmina de 75% da recomendada o menor vigor ocorreu na ureia revestida em comparação a ureia, não diferindo de sulfato de amônio e ureia + sulfato de amônio. De forma contrária, Prando et al. (2012) ao estudar o efeito de ureia convencional, ureia com inibidor de urease-SuperN® e ureia protegida-Kim Coat® sobre o vigor de sementes de trigo não detectaram diferenças no teste de frio.

**Tabela 60** - Desdobramento da interação significativa entre variação hídrica e fontes de nitrogênio para teste de frio em 2013/14 de sementes de arroz de terras altas cultivar BRS Esmeralda. Ilha Solteira-SP, 2014.

| Fontes de N                   | Teste de frio em 2013/14 (%) |                    |          |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------|----------|
|                               | Variação hídrica             |                    |          |
|                               | Recomendada                  | 75% da Recomendada | Sequeiro |
| Ureia                         | 89Aab                        | 87Aa               | 87Aa     |
| Sulfato de amônio             | 84Ab                         | 84Aab              | 87Aa     |
| Ureia + sulfato de amônio     | 93Aa                         | 85Bab              | 88ABa    |
| Ureia revestida               | 88Aab                        | 78Bb               | 91Aa     |
| DMS variação dentro de fontes |                              |                    | 8        |
| DMS fontes dentro de variação |                              |                    | 8        |

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Dados da própria autora.

Portanto, de maneira geral observa-se que para o cultivar IAC 202, a maioria dos testes para 2013/14 indicaram que em condições de sequeiro foi proporcionada a obtenção de sementes com maior qualidade em comparação as lâminas de irrigação, o que se deve provavelmente as altas temperaturas próximas ao florescimento nos tratamentos irrigados. Já em 2014/15 a maior qualidade de sementes foi verificada nos tratamentos irrigados em comparação ao sequeiro. Em relação às fontes de nitrogênio, em 2013/14 a maioria dos testes não indicaram influência das fontes, e em 2014/15 não se pode obter uma resposta precisa, pois os resultados foram pouco concordantes. Carvalho et al. (2001) avaliando o efeito de fontes de nitrogênio (ureia e sulfato de amônio) sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão “de

inverno”, concluíram que os efeitos das fontes sobre o vigor das sementes não foram consistentes. Prando et al. (2009) concluíram que a ureia com inibidor de uréase-SuperN® e a ureia protegida-Kim Coat® não proporcionaram a obtenção de sementes de trigo cultivar BRS Pardela com qualidade superior, comparado à ureia convencional. Os resultados se assemelham aos de Prando et al. (2012) em que as formas de ureia e as doses de nitrogênio aplicadas em cobertura não alteraram a qualidade fisiológica das sementes de diferentes genótipos de trigo.

Para o cultivar BRS Esmeralda na safra 2013/14 as sementes oriundas dos tratamentos de variação hídrica apresentaram vigor semelhante, pois na maioria dos testes os resultados tiveram poucas diferenças e as sementes apresentaram alto vigor. De acordo com Marcos-Filho (2015), a literatura confirma que dentro de certos limites, as plantas compensam as adversidades ambientais reduzindo a quantidade e não o potencial fisiológico das sementes produzidas, o que ocorreu neste ano com o cultivar BRS Esmeralda, em que a lâmina recomendada resultou em maior produtividade, seguida pela lâmina de 75% da recomendada e por último com menor produtividade, o sequeiro. Quanto as fontes de nitrogênio, pouca influência ocorreu sobre o vigor das sementes não possibilitando a diferenciação entre as fontes, portanto considera-se que as sementes pouco foram influenciadas pelas fontes.

Na safra 2014/15 para o BRS Esmeralda, o sequeiro resultou em produção de sementes de maior vigor, uma vez que nesse tratamento não ocorreu o acamamento das plantas no final do ciclo. As fontes de nitrogênio pouco influenciaram a qualidade das sementes, no entanto, na lâmina recomendada a ureia revestida obteve uma ligeira tendência de resultar maior vigor em relação a ureia, isso foi verificado devido a quatro testes apresentaram essa tendência do total dos oito testes realizados, no entanto essa conclusão ainda necessita de maiores estudos. Na lâmina de 75% da recomendada e no sequeiro nada pode ser afirmado em relação as fontes de nitrogênio, pois os resultados não obtiveram nenhuma tendência.

## 5 CONCLUSÕES

A redução da disponibilidade de água atrasa o florescimento e a maturação, e diminui a produção de matéria seca do arroz de terras altas.

As fontes de nitrogênio (ureia, sulfato de amônio, ureia + sulfato de amônio e ureia revestida) não diferiram quanto ao teor de nitrogênio foliar e na planta, a quantidade de nitrogênio acumulado na planta e a produtividade de grãos de arroz de terras altas cultivado em sequeiro ou sob irrigação por aspersão.

Em ano com incidência de veranico no estágio reprodutivo, há redução da produtividade de grãos do sequeiro em relação a irrigação por aspersão com as lâminas recomendada e 75% da recomendada, sendo maior a redução em cultivar com ciclo mais curto (BRS Esmeralda), devido ao menor período de recuperação do estresse. A deficiência hídrica na fase vegetativa não interfere na produtividade de grãos dos cultivares IAC 202 e BRS Esmeralda. A produtividade de grãos do BRS Esmeralda em ano com deficiência hídrica na fase vegetativa é maior do que o IAC 202.

Períodos de altas temperaturas no estágio reprodutivo do arroz de terras altas diminuem a produtividade de grãos.

A qualidade fisiológica das sementes do cultivar IAC 202 em ano com período de altas temperaturas na fase reprodutiva foi maior nas condições de sequeiro em comparação as lâminas de irrigação. Contudo em ano sem ocorrência de altas temperaturas na fase reprodutiva a maior qualidade de sementes ocorre nos tratamentos irrigados em comparação ao sequeiro.

As sementes oriundas do cultivar BRS Esmeralda em condições irrigada e em sequeiro apresentam qualidade semelhante em ano com temperaturas altas e deficiência hídrica na fase reprodutiva.

O acamamento do cultivar BRS Esmeralda resultante dos tratamentos com irrigação por aspersão resulta em produção de sementes de menor qualidade em comparação ao sequeiro.

As fontes de nitrogênio não diferiram em relação a qualidade das sementes de arroz de terras altas irrigado por aspersão ou em condição de sequeiro.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, A. G.; OLIVEIRA, J. P. Botânica e desenvolvimento fenológico da planta. In: BOREM, A.; RANGEL, P. H. N. (Ed.) **Arroz: do plantio a colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. cap. 2, p. 27-42.
- AHADYAT, Y. R.; HIDAYAT, P.; SUSANTO, U. Drought tolerance, phosphorus efficiency and yield characters of upland rice lines. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Al-Ain, v. 26, n. 1, p. 25-34, 2014.
- AKINBILE, C. O. Behavioural pattern of upland rice agronomic parameters to variable water supply in Nigeria. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, Lagos, v. 2, n. 4, p. 73-80, 2010.
- AKINBILE, C. O.; SANGODOYIN, A. Y. Response of upland rice agronomic parameters to variable water supply. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Beijing, v. 4, n. 2, p. 50-58, 2011.
- ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 162-169, 2005.
- ALVAREZ, R. C.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S. Análise de crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas dos tipos tradicional, intermediário e moderno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 397-406, 2012.
- ALVES, C. J.; ARF, O.; GARCIA, N. F. S.; GALINDO, F. S.; GALASSI, A. D. Thidiazuron aumenta a produtividade em arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 333-339, 2015.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão em Selvíria, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1967-76, 2000.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C.; PEREIRA, J. C. R. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, 2002.
- ARTIGIANI, A. C. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; ALVAREZ, R. C. F.; NASCENTE, A. S. Produtividade e qualidade industrial do arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica e adubação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 340-349, 2012.
- ASSIS, M. O.; COSTA, A. M.; DAVID, A. M. S. S.; ALVES, I. S.; ROCHA, J. S.; ALVES, P. F. S. Ureia revestida com polímero de liberação controlada na qualidade fisiológica de sementes de quiabo. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 1, p. 57-64, 2015.

AULAKH, M. S.; MALHI, S. S. Interactions of nitrogen with other nutrients and water: effect on crop yield and quality, nutrient use efficiency, carbon sequestration, and environmental pollution. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 86, n. 1, p. 342-410, 2005.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K. Calagem e adubação. In: SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H. C. P.; FERREIRA, C. M. (Ed.) **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 37-74.

BARROS, A. S. R.; DIAS, M. C. L. L.; CÍCERO, S. M.; KRYZANOWSKI, F. C. Testes de feio. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. cap. 5, p.5.1-5.15.

BASTOS, C. R. IAC 202: arroz de alta produtividade e qualidade para a cultura de sequeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 24-25, 2000.

BENJAMIN, J. G.; HAVIS, H. R.; AHUJA, L. R.; ALONSO, C. V. Corn growth and nitrogen uptake with furrow irrigation and fertilizer bands. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 609-612, 1997.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. C. S. Produtividade do feijoeiro irrigado em razão de fontes de adubo nitrogenado estabilizado e de liberação controlada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 6, p. 507-509, 2015.

BOLDIERI, F. M.; CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 421-428, 2010.

BONO, J. A. M.; RODRIGUES, A. P. D. C.; MAUAD, M.; ALBUQUERQUE, J. C.; YAMAMOTO, C. R.; CHERMOUTH, K. S.; FREITAS, M. E. Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Agrarian**, Dourados, v. 1, n. 2, p. 91-102, 2008.

BOONJUNG, H.; FUKAI, S. Effects of soil water at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions. 2. Phenology, biomass production and yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p. 47-55, 1996.

BRAGANTINI, C.; EIFERT, E. C. Secagem e beneficiamento. In: SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H. C. P.; FERREIRA, C. M. (Ed.) **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2013. cap. 15, p. 227-236.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p. Secretaria de Defesa Agropecuária.

BRASIL. Instrução Normativa, n. 45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece normas específicas e padrões de identidade e qualidade para a produção e comercialização de sementes de grandes culturas. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, de 18 de setembro de 2013. Seção 1, p. 16.

BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.) **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. cap.7, p. 41-53.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; MEIRA, F. A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de clorimequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1731-1737, 2006.

CANCELLIER, E. L.; BARROS, H. B.; KISCHEL, E.; GONZAGA, L. A. M.; BRANDÃO, D. R.; FIDELIS, R. R. Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 650-656, 2011.

CANCELLIER, E. L.; SILVA, D.R. G.; FAQUIN, V.; GONÇALVES, B. A.; CANCELLIER, L. L.; SPEHAR, C. R. Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till maize in brazilian cerrado with improved soil fertility. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 2, p. 133-144, 2016.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. V.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas/Fundação IAC, 1997. p.43-73.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI-Brasil, 2010. p. 1-65.

CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N. C. B.; BASSAN, D. A. Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p.617-624, 2001.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 509 p.

CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; NOETZOLD, R.; ROBOREDO, D. Desenvolvimento vegetativo de plantas e qualidade fisiológica de sementes de arroz produzidas em áreas de recuperação de pastagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 4, p.009-016, 2009.

CASTRO, E. M.; VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p. (Circular Técnica, 34).

CASTRO, A. P.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P. Cultivares. In: SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H. C. P.; FERREIRA, C. M. (Ed.). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 75-88.

CASTRO, A. P.; GUMARÃES, C. M.; MORAIS, O. P.; COLOMBARI FILHO, J. M. Avaliação de cultivares de arroz (*Oryza sativa*) de terras altas quanto à deficiência hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia, MG. **Anais...** Viçosa: SBMP, 2013. p. 1918-1922.

CASTRO, A. P. de; MORAIS, O. P. de; BRESEGHELLO, F.; LOBO, V. L. da S.; GUIMARÃES, C. M.; BASSINELLO, P. Z.; COLOMBARI FILHO, J. M.; SANTIAGO, C. M.; FURTINI, I. V.; TORGA, P. P.; UTUMI, M. M.; PEREIRA, J. A.; CORDEIRO, A. C. C.; AZEVEDO, R. de; SOUSA, N. R. G.; SOARES, A. A.; RADMANN, V.; PETERS, V. J. **BRS Esmeralda**: cultivar de arroz de terras altas com elevada produtividade e maior tolerância à seca. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 4 p. (Comunicado Técnico, 215). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/978938/brs-esmeralda-cultivar-de-arroz-de-terras-altas-com-elevada-produtividade-e-maior-tolerancia-a-seca>> Acesso em: 26 nov. 2015.

CERQUEIRA, F. B.; ERASMO, E. A. L.; SILVA, J. I. C.; NUNES, T. V.; CARVALHO, G. P.; SILVA, A. A. Competition between drought-tolerant upland rice cultivars and weeds under water stress condition. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 291-302, 2013.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011.

COBUCCI, T.; RABELO, R. R.; SILVA, W. **Manejo de plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas na região dos Cerrados**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 60 p. – (Circular Técnica, 42)

COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; REIS JÚNIOR, R. A.; LIMA, D. A. P.; SILVA, B. T. Eficiência do uso do nitrogênio pelo arroz de terras altas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. **Anais...** Viçosa: SBCS, 2010. p. 1-4. 1 CD-ROM.

COLOMBARI FILHO, J. M.; RANGEL, P. H. N. Cultivares. In: BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. (Ed.) **Arroz: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. cap. 5, p. 84-121.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: sétimo levantamento**, abril 2016. Brasília: Conab, 2016. 158 p.

COLOMBARI FILHO, J. M.; RESENDE, M. D. V.; MORAIS, O. P.; CASTRO, A. P.; GUIMARÃES, É. P.; PEREIRA, J. A.; UTUMI, M. M.; BRESEGHELLO, F. Upland rice breeding in Brazil: a simultaneous genotypic evaluation of stability, adaptability and grain yield. **Euphytica**, Wageningen, v. 192, n. 1, p. 117–129, 2013.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, n. 2, v. 40, p. 436-443, 2000.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; ZUCARELI, C.; SÁ, M. E.; NAKAGAWA, J. Produção e qualidade fisiológica de sementes de arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 287-293, 2001.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; ZUCARELI, C.; SILVA, R. H.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de duas cultivares de arroz de terras altas em dois sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1569-1574, 2002.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; ANDREOTTI, M. Produtividade do arroz de terras altas sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão em função do espaçamento entre fileiras. **Agronomia**, Seropédica, v. 37, n. 1, p. 10 - 15, 2003a.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, R. A. F. Produtividade e qualidade industrial de grãos de arroz de terras altas em função de lâminas de água no sistema irrigado por aspersão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 125-130, 2003b.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; MACHADO, J. R. Extração de macronutrientes pelo arroz de terras altas sob diferentes níveis de irrigação por aspersão e adubação. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 145-150, 2003c.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; MACHADO, J. R. Influência de lâminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 647-654, 2003d.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; ARF, O.; MATEUS, G. P. Yield of upland rice cultivars in rainfed and sprinkler-irrigated systems in the Cerrado region of Brazil. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v. 46, n. 11, p.1515-1520, 2006.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; MATEUS, G. P. Grain quality of upland rice cultivars in response to cropping systems in the brazilian tropical savana. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 5, p. 468-473, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C.; MANCUSO, M. A. C.; GARCIA, R. A.; CASTRO, G. S. A. Crescimento radicular e aéreo de cultivares de arroz de terras altas em função da calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p.256-263, 2012a.

CRUSCIOL, C. A. C.; TOLEDO, M. Z.; ARF, O.; CAVARIANI, C. Water supplied by sprinkler irrigation system for upland rice seed production. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 34-42, 2012b.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; NASCENTE, A. S.; ARF, O. Root distribution, nutriente uptake and yiel of two upland rice cultivars under two water regimes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 1, p. 237-247, 2013.

DARIO, G. J. A.; DARIO, I. S. N. Adubação e correção da acidez. In: BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. (Ed.) **Arroz: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. cap.6, p.122-134.

DIXIT, S.; SINGH, A.; KUMAR, A. Rice breeding for high grain yield under drought: a strategic solution to a complex problem. **International Journal of Agronomy**, Nasr City, v. 2014, p. 1-15, 2014. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/ija/contents/3/>> Acesso em: 3 maio 2016.

DOIJODE, S. D. Seed quality in vegetable crops. In: BASRA, A. S. (Ed.) **Handbook of seed Science and technology**. New York: Food Products, 2006. cap. 23, p. 677-701.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. 193 p.

DUTRA, K. O. G.; LINHARES, P. C. A.; SILVA, J. N.; SILVA, T. H.; ANDRADE, R. Crescimento do arroz vermelho sob lâminas de irrigação e aplicação de silício e biofertilizante. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014. p. 3020-3027.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Lançamentos: arroz BRS Esmeralda**, [S.l.: s.n.: 200-]. Disponível em: <<https://sistemas.sede.embrapa.br/40anos/index.php/lancamento/index/16>> Acesso em: 2 fev. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manejo da água em arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap10.htm>> Acesso em: 3 jan 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: Estados de Mato Grosso e Rondônia: safra 2007/2008**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 84 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **BRS Esmeralda: arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2013. 2 p. (Folder). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/955545>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

FAGERIA, N. K.; WILCOX, G. E. Influência de nitrogênio e fósforo no crescimento do arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 30, n. 301, p. 24-28, 1977.

FAGERIA, N. K. Deficiência hídrica em arroz de cerrado e resposta ao fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 259-265, 1980.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; GARBER, M. J. Nível de nutriente e densidade de plantio adequados para experimentos com arroz em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 9, p. 1279-1284, 1982.

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus, 1984. 341 p.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1989. 425 p.

FAGERIA, N. K.; SANT'ANA, E. P.; MORAIS, O. P. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro favorecido à fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1155-1161, 1995.

FAGERIA, N. K. Manejo da Calagem e Adubação do Arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz de Feijão, 1998. p. 67-78.

FAGERIA, N. K.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 80, p. 63-152, 2003.

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

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007.

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

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; MORAES, M. F. Nitrogen uptake and use efficiency in upland rice under two nitrogen sources. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 45, n. 4, p. 461-469, 2014.

FERRAZ, E. C. Ecofisiologia do arroz. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 185-202.

FERREIRA, C. M.; VILLAR, P. M. del. Aspectos da produção e do mercado de arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 11-18, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. **Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2005. 61 p.

FERREIRA, C. M.; SANTIAGO, C. M. (Ed.) **Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: estados de Mato Grosso e Rondônia – safras 2010/2011 e 2011/2012**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 112 p. (Documentos, 268)

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS- FAO. **Dia mundial da água**: para cada quilo de carne, são necessários 15 mil litros de água, diz FAO. Roma: FAO, 2009. Disponível em: < <https://www.fao.org.br/DMApcqcn15mladFAO.asp>> Acesso em: 6 jan. 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION- FAO. **Faostat 2013**. Roma: FAO, 2013. . Disponível em: <<http://faostat.fao.org>> . Acesso em: 1 maio 2016.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: Funep, 2006. 589 p.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, Á. R.; SILVA, V. L.; OLIVEIRA, V. A.; CORRÊA, R. S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1262–1267, 2014.

GARCIA, A.; HIROSHI, F. K.; SÁ, M. E.; SOUZA, M. F. P.; ARF, O.; OLIVEIRA, C. O. Qualidade fisiológica de sementes de feijão obtidas sob efeito de fontes de nitrogênio e incorporação com lâmina de irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2562–2574, 2014.

GLOBAL RICE SCIENCE PARTNERSHIP - GRiSP. **Rice almanac**. 4. ed. Los Baños International Rice Research Institute, 2013. 283 p.

GUERRERO, C.A.C. **Estratégias de controlo da poluição das águas subterrâneas pelos nitratos de origem agrícola**. 2003. 218 f. Tese (Doutorado em Agroambiente) – Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais, Universidade do Algarve, Faro, 2003.

GUIMARÃES, C. M.; FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. **Como a planta de arroz se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 2002. 12 p. (Encarte do Informações Agronômicas n. 99, Arquivo do Agrônomo n. 13)

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; NEVES, P. C. F. Eficiência produtiva de cultivares de arroz com divergência fenotípica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 465-470, 2008.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, J. P.; RANGEL, P. H. N.; RODRIGUES, C. A. P. Sistema radicular do arroz de terras altas sob deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 126-134, 2011.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; RANGEL, P. H. N.; SILVA, A. C. L. Tolerance of upland rice genotypes to water deficit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 805–810, 2013.

GUIMARÃES, C. M.; CASTRO, A. P.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, J. P. Drought tolerance in upland rice: identification of genotypes and agronomic characteristics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 201-206, 2016.

HE, H.; SERRAJ, R. Involvement of peduncle elongation, anther dehiscence and spikelet sterility in upland rice response to reproductive-stage drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 75, p. 120-127, 2012.

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**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 134-139, 2009.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; FAGERIA, N. K. Transpiration rate response to water deficit during vegetative and reproductive phases of upland rice cultivars. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 1, p. 24-30, 2011.

HERNANDES, A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 307-312, 2010.

INSTITUTO AGRONÔMICO – IAC. **Centro de grãos e fibras**: cultivares – arroz. Campinas: Sede do Instituto Agrônomo [200-]. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/arroz.php>>. Acesso em: 2 fev. 2016.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE– IPNI. **Nutrient source specifics**: coated fertilizer. Peachtree Corners: IPNI [200-]. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/nss.nsf/0/33C6A283CC38EE26852579AF007682E3/\\$FILE/NSS-20%20Coated%20Fertilizer.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss.nsf/0/33C6A283CC38EE26852579AF007682E3/$FILE/NSS-20%20Coated%20Fertilizer.pdf)>. Acesso em: 8 abr. 2016.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE– IRRI; AFRICA RICE CENTER– AFRICARICE; CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL- CIAT. **Global rice science partnership (GRiSP)**. Metro Manila: IRRI, 2010. 267 p. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjN1u-dxrvSAhVCW5AKHXc7CB4QFggoMAI&url=https%3A%2F%2Flibrary.cgiar.org%2Fbitstream%2Fhandle%2F10947%2F2557%2FGRiSP%2520proposal\\_rev3%2520Sept%252016\\_2010.pdf%3Fsequence%3D1&usq=AFQjCNEYZdqcciaU7tF6nPMvxulJxgvgag&bvm=bv.148747831,d.Y2I](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjN1u-dxrvSAhVCW5AKHXc7CB4QFggoMAI&url=https%3A%2F%2Flibrary.cgiar.org%2Fbitstream%2Fhandle%2F10947%2F2557%2FGRiSP%2520proposal_rev3%2520Sept%252016_2010.pdf%3Fsequence%3D1&usq=AFQjCNEYZdqcciaU7tF6nPMvxulJxgvgag&bvm=bv.148747831,d.Y2I)> Acesso em: 3 fev. 2017.

JARREL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 34, p. 197-224, 1981.

KATIC, P. G.; NAMARA, R. E.; HOPE, L.; OWUSU, E.; FUJII, H. Rice and irrigation in West Africa: achieving food security with agricultural water management strategies. **Water Resources and Economics**, Amsterdam, v. 1, p. 75-92, 2013.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. A. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Piracicaba: Potafós, 2006. 24 p. (Encarte Técnico Informações Agrônomicas, 113).

LAFITTE, H. R.; LI, Z. K.; VIJAYAKUMAR, C. H. M.; GAO, Y. M.; SHI, Y.; XU, J. L.; FU, B. Y.; YU, S. B.; ALI, A. J.; DOMINGO, J.; MAGHIRANG, R.; TORRES, R.; MACKILL, D. Improvement of rice drought tolerance through backcross breeding:

Evaluation of donors and selection in drought nurseries. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 77-86, 2006.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos**. 3. ed. São Paulo: ANDA, 2000. 70 p.

LOPES, R. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BENETT, C. G. S.; ARF, M. V. Doses, fontes e épocas d aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas cultivado em sistema de semeadura direta. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 79 – 87, 2013.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. 492 p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-77, 1962.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MAESTRELO, P. R.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P.; RODRIGUES, M. A. C.; LINO, A. C. M.; ANDREOTTI, M. Aplicação de ureia revestida em cobertura no milho irrigado sob sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 2, p. 192-199, 2014.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a. p. 3.1-3.24.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MARTINS, A. A. E.; GHEYI, H. R.; FAGERIA, N. K. Efeitos da temperatura no crescimento, componentes de produção e rendimentos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 42-46, 1981.

MARTINS, I. S. **Doses, épocas e modos de aplicação da uréia comum e revestida na cultura do milho**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; GRASSI FILHO, H. Produção de massa seca e nutrição de arroz de terras altas sob condição de déficit hídrico e adubação silicatada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 939-948, 2011.

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Resposta de dois cultivares de arroz à adubação nitrogenada e tratamento foliar com fungicidas. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2005.

MINGOTTE, F. L. C.; HANASHIRO, R. K.; FORNASIERI FILHO, D. Response of rice cultivars to nitrogen in upland conditions. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 1, p. 86-95, 2013.

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**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 748-758, 2015.

MURATA, Y.; MATSUSHITA, S. Rice. In: EVANS, L. T. (Ed.) **Crop physiology**. 4. ed. Cambridge: Cambridge University, 1978. p. 73-96.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseado no desempenho de plântulas. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 2.1-2.24.

OI, W. M. **Manejo do solo e da adubação nitrogenada em arroz de terras altas irrigado por aspersão**. 2008. 43 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2008.

OSADA, A.; SASIPRAPA, V.; RAHONG, M.; DHAMMANUVONG, S.; CHAKRABANDHU, H. Abnormal occurrence of empty grains of indica rice plants in the dry, hot season in Thailand. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**, Tokyo, v. 42, n.1, p. 103-109, 1973.

O'TOOLE, J. C.; MOYA, T. B. Water deficits and yield in upland rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 4, p. 247-259, 1981.

PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F.; PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; TEIXEIRA, D. S.; GARÉ, L. M. Adubação de cobertura com ureia e ureia revestida em função de doses de nitrogênio em arroz de terras altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa- SOSBAI, 2015. p. 1-4.

PINHEIRO, B. S. Características morfofisiológicas da planta relacionadas à produtividade. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.) **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 7, p. 209-256.

PINHEIRO, B. S.; STEINMET, S.; STONE, L. F.; GUIMARÃES, E. P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 87-95, 1985.

PINHEIRO, B. S.; CASTRO, E. M.; GUIMARÃES, C. M. Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 34-42, 2006.

PORTUGAL, J. R.; TARSITANO, M. A. A.; PERES, A. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. A. F. Análise econômica do cultivo do arroz de terras altas com e sem irrigação. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 8, n. 27, p. 104-110, 2015a.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. In: ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (Ed.) **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: FEPAF, 2015. cap. 4, p. 65-75.

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F.; TEIXEIRA, D. S.; GARÉ, L. M. Doses de nitrogênio e fontes de ureia em arroz de terras altas (BRS Esmeralda)

irrigado por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa: SOSBAI, 2015b. p. 1-4.

POWELL, A. A. Seed vigor and its assessment. In: BASRA, A. S. (Ed.). **Handbook of seed science and technology**. New York: Food Products, 2006. cap. 21, p. 603-648.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; BASSOI, M. C.; OLIVEIRA, F. A. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 4., 2009, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2009. p. 121-126. (Documentos, 312). Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/574752>>. Acesso em: 8 abr. 2016.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, E. A. P.; PANOFF, B. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 272 - 279, 2012.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. Á.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 34-41, 2013.

QUAGLIA, L.; ARRUDA, F. B.; MARIN, F. R.; BARBIERI, V. Calibração de um lisímetro simplificado de pesagem. In: REUNIÓN ARGENTINA Y IV LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 2004, Mar del Plata. **Anais...** Mar del Plata: AADA, 2004. Disponível em: <[http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/newsdownload/artigos\\_resumos%20anais%20eventos/apc\\_10raylaa04\\_calibra\\_fm.pdf](http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/newsdownload/artigos_resumos%20anais%20eventos/apc_10raylaa04_calibra_fm.pdf)>. Acesso em: 18 maio 2012.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute- IPNI, 2011. 420 p.

RECH, E. G.; VILLELA, F. A.; TILLMANN, M. Â. A. Avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de ervilha. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 21, n. 2, p. 1-9, 1999.

RICHARDS, L. A. Pressure membrane apparatus construction and use. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 28, n. 10, p. 451-454, 1947.

ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A.; CHANTIGNY, M. H.; MACDONALD, J. D.; BISSONNETTE, N.; BERTRAND, N. Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: A laboratory comparison. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 310-315, 2009.

RODRIGUES, R. A. F.; SORATTO, R. P.; ARF, O. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 546-556, 2004.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, C. R. Volatilização de N-NH<sub>3</sub>, em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipos de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 687-692, 2003.

SANTOS, A. B.; RABELO, R. R. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins**. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 136 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SARTORI, G. M. S.; MARCHESAN, E.; AZEVEDO, C. F.; STRECK, N. A.; ROSO, R.; COELHO, L. L.; OLIVEIRA, M. L. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 397-403, 2013.

SATAKE, T.; YOSHIDA, S. High temperature induced sterility in indica rices at flowering. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 47, n. 1, p. 6-17, 1978.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. In: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 29., 2012, Itajaí. **Anais...** Itajaí: SOSBAI, 2012. 179 p.

SINGH, A.; SHAMIM, M.; SINGH, K. N. Genotypic variation in root anatomy, starch accumulation, and protein induction in upland rice (*Oryza sativa*) varieties under water stress. **Agricultural Research**, New Delhi, v. 2, n. 1, p. 24-30, 2013.

SILVA, D. J.; ALVAREZ, V. H.; RUIZ, H. A. Fluxo de massa e difusão de enxofre para raízes de milho em solos ácidos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 1, v. 22, p. 109-114, 1998.

SILVA, E. A.; SORATTO, R. P.; ADRIANO, E.; BISCARO, G. A. Avaliação de cultivares de arroz de terras altas sob condições de sequeiro em Cassilândia, MS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 298-304, 2009.

SILVA, A. C. L. **Alterações bioquímicas, morfológicas e produtivas em genótipos de arroz em dois regimes hídricos**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

SILVA, J. G.; FONSECA, J. R. Colheita. In: SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H. C. P.; FERREIRA, C. M. (Ed.). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2013. cap.13, p.197-205. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

SILVA, S. C.; SYEINMETZ, S.; HEINEMANN, A. B. Exigências climáticas. In: BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. (Ed.). **Arroz: do plantio a colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. cap. 3, p. 43-65.

SILVEIRA, R. D. D.; ABREU, F. R. M.; MAMIDI, S.; McCLEAN, P. E.; VIANELLO, R. P.; LANNA, A. C.; CARNEIRO, N. P.; BRONDANI, C. Expression of drought tolerance

genes in tropical upland rice cultivars (*Oryza sativa*). **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 8181-8200, 2015.

SOUZA, R. A. R. **Comportamento de cultivares de arroz de terras altas em função do preparo do solo e irrigação por aspersão, em latossolo vermelho de cerrado**. 2003. 69 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção)– Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2003.

STONE, L. F. Absorção de P, K, Mg, Ca e S por arroz influenciada pela deficiência hídrica, vermiculita e cultivar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 11, p. 1251-1258, 1985.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; OLIVEIRA, A. B.; AQUINO, A. R. L. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento na produção do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 105-109, 1979.

STONE, L. F.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. II. Efeito na produtividade do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 6, p. 695-707, 1984a.

STONE, L. F.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. II. Efeito na utilização do nitrogênio pelo arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 11, p. 1403-1416, 1984b.

STONE, L. F.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Produtividade do arroz e absorção de nitrogênio afetadas pelo veranico e pela adição de vermiculita ao solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p.117-125, 1986.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; RABELO, R. R.; BIAVA, M. (Ed.). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 232 p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. **Arroz irrigado por aspersão**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2004. 6 p. (Circular Técnica, 64).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. **Irrigação do arroz de terras altas em função da porcentagem de cobertura do solo pela palhada, no sistema plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 4 p. (Circular Técnica, 69).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Irrigação. In: SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H. C. P.; FERREIRA, C. M. (Ed.). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 117-129.

STONE, L. F.; SCIVITTARO, W. B.; HEINEMANN, A. B.; SILVEIRA, P. M. Irrigação. In: BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. (Ed.). **Arroz: do plantio a colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. cap. 7, p. 135- 160.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

- TERRA, T. G. R.; LEAL, T. C. A. B.; BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. Tolerância de linhagens de arroz de terras altas à seca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 201-208, 2013.
- TERRA, T. G. R.; LEAL, T. C. A. B.; RANGEL, P. H. N.; OLIVEIRA, A. B. Características de tolerância à seca em genótipos de uma coleção nuclear de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 9, p. 788-796, 2015.
- VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, 2009.
- VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M. Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 659-670, 2014.
- VAZQUEZ, G. H.; SÁ, M. E. Tecnologia e produção de sementes. In: ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (Ed.) **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: FEPAF, 2015. cap. 16, p. 315-336.
- VELA, R. H. N.; DALLACORT, R.; DALCHIAVON, F. C.; ARAÚJO, D. V.; BARBIERI, J. D.; KOLLING, E. M. Lâminas de irrigação na cultura do arroz de terras altas, no Médio norte do estado de mato grosso. **Enciclopédia Bioesfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1753-1764, 2013.
- VIEIRA, R. D.; KRZYŻANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 4.1-4.26.
- VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.) **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap.23, p. 869-900.
- VIEIRA, A. R.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. L. M.; PEREIRA, E. M.; CARVALHO, B. O. Qualidade de sementes de arroz irrigado produzidas com diferentes doses de silício. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 490 - 500, 2011.
- VIERO, F.; CORREIA, S. L.; MENEGATI, G. B.; SILVA, P. R. F.; BAYER, C.; CARNIEL, E. **Redução de perdas de nitrogênio por volatilização pelo uso de inibidor de urease e manejo da irrigação em milho**. Piracicaba: IPNI, 2012. 20 p. (Informações Agronômicas, 139).
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A.; DALCHIAVON, F.; ZAGATTO, M. R.; SANTOS, C. Eficiência agronômica do revestimento da uréia com polímero aplicada em cobertura na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: SBCS, 2011. 1CD-ROM.

**APÊNDICE – FOTOS DO EXPERIMENTO**

**Figura 6** - Semeadura do arroz em 2013 (esquerda) e 2014 (direita).



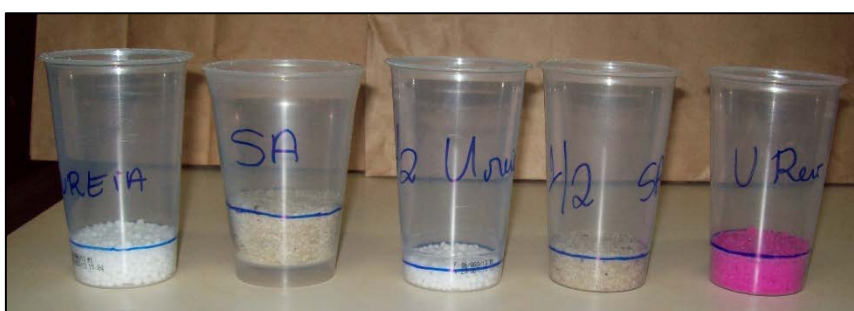
Fonte: Dados da própria autora.

**Figura 7** - Emergência de plântulas de arroz em 2013 (esquerda) e 2014 (direita).



Fonte: Dados da própria autora.

**Figura 8** - Fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura.



Fonte: Dados da própria autora.

**Figura 9** - Adubação de cobertura.



Fonte: Dados da própria autora.

**Figura 10** - Plantas de arroz em condições de sequeiro em 2014 após 16 dias de seca.



Fonte: Dados da própria autora.

**Figura 11** - Plantas de arroz em condições de sequeiro em 2015 após 14 dias de seca.



Fonte: Dados da própria autora.

**Figura 12** - Panículas brancas ocasionadas pelo período de alta temperatura em 2014.



Fonte: Dados da própria autora.

**Figura 13** - Sistema de irrigação por aspersão.



Fonte: Dados da própria autora.

**Figura 14** - Diferença de coloração entre IAC 202 (folha verde normal e mais decumbente, a esquerda) e BRS Esmeralda (folha verde escura e mais ereta, a direita).



Fonte: Dados da própria autora.