



TÁCIO PERES DA SILVA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO DESEMPENHO
AGRONÔMICO E NA ATIVIDADE DA REDUTASE DO
NITRATO EM ARROZ**

**LAVRAS – MG
2018**

TÁCIO PERES DA SILVA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO E NA
ATIVIDADE DA REDUTASE DO NITRATO EM ARROZ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Profa. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Da Silva, Tácio Peres.

Adubação nitrogenada no desempenho agronômico e na atividade da redutase do nitrato em arroz: adubação nitrogenada no desempenho agronômico e na atividade da redutase do nitrato em arroz / Tácio Peres Da Silva. - 2018.

43 p.

Orientador(a): Flávia Barbosa Silva Botelho.

.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.
Bibliografia.

1. Adubação nitrogenada. 2. Arroz. 3. Redutase do nitrato. I. Botelho, Flávia Barbosa Silva. . II. Título.

TÁCIO PERES DA SILVA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO E NA
ATIVIDADE DA REDUTASE DO NITRATO EM ARROZ**

**NITROGEN FERTILIZATION IN AGRONOMIC PERFORMANCE AND NITRATE
REDUCTASE ACTIVITY IN RICE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 21 de setembro de 2018.

Dr. Adenilson Henrique Gonçalves	UFLA
Dra. Milene Alves de Figueiredo Carvalho	EMBRAPA
Dr. Nelson Delú Filho	UNIS
Dra. Maria Ligia de Souza Silva	UFLA

Profa. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

**LAVRAS-MG
2018**

*Aos meus pais, Ângela e Cleber,
por todo amor, carinho, respeito, incentivo e paciência
que tiveram comigo nessa jornada, assim como em todas em minha vida,
reafirmo aqui minha sincera e eterna gratidão.
À minha irmã, que não apenas cresceu fisicamente comigo, mas
que cresceu diariamente dentro do meu coração.
A todos os familiares e amigos que sempre me desejaram bons sentimentos.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, à minha mãe Nossa Senhora Aparecida e ao meu anjo da guarda Santo Padre Victor, que me permitiram gozar de saúde física e mental para alcançar esse tão desejado objetivo.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA – por me proporcionar condições de trabalho excepcionais.

Aos docentes e funcionários da instituição, que me auxiliaram diretamente em um ganho de conhecimento profissional e pessoal, em especial à Profa. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho, pela orientação profissional e amizade, e à Marli, pelas ajudas nos processos burocráticos, e também por sua amizade.

Aos colegas de trabalho, que muito me ajudaram em experimentos, tornando possível essa defesa. Em especial aos colegas que se tornaram amigos, Neto, Bruno, Marcos, Reinaldo, Douglas, Marcelo e Clésio, minha sincera gratidão pela amizade de todos, levarei comigo ótimas lembranças ao lado de todos.

Ao Janir, que é um exemplo de profissional e de pessoa a ser seguido, por toda a ajuda com os experimentos de campo, bem como todos a todos funcionários da Epamig.

Ao Departamento de Fisiologia da UFLA, e a seus funcionários, que me deram todo o suporte para as análises necessárias para a minha tese.

Ao Programa de Pós Graduação em Agronomia/Fitotecnia.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

A TODOS, MINHA SINCERA GRATIDÃO!

RESUMO

Técnicas fitotécnicas que resultam em altas produtividades e produtos eficientes, são dependentes de grandes empresas nacionais e internacionais, além de algumas instituições públicas, as quais oferecem essas tecnologias aos produtores que rendem altos lucros monetários as mesmas. O arroz de terras altas é visto pelos produtores brasileiros como uma cultura para abertura de área para outras mais lucrativas, sendo seus investimentos nesta cultura, mínimos, refletindo assim, para as multinacionais, como uma cultura que retornará poucos lucros em investimentos para pesquisas específicas para o arroz. Assim, tem-se algumas deficiências em informações técnicas para o arroz de terras altas, sendo algumas dessas, possíveis influenciadoras no porquê a produtividade de arroz de várzea é 50% ou mais elevada que quando plantado em terras altas. Por se tratar de uma característica que envolve várias informações fitotecnias, o objetivo geral desse trabalho foi buscar resultados na parte nutricional da cultura de arroz de terras altas. Objetivou-se avaliar o efeito de tratamentos com doses e fontes de nitrogênio (N) distintas, em características vegetativas e reprodutivas do arroz de terras altas, bem como avaliar a eficiência da atividade da enzima redutase do nitrato em arroz de terras altas. Esses experimentos foram conduzidos no campo experimental da UFLA, sendo instalados em parcelas de 4 linhas de 3 m espaçadas de 0,35 m, nos anos de 2015/2016 e 2016/2017. Utilizou-se DBC com fatorial 4x4 e 3 repetições. No primeiro artigo avaliou-se a altura, acamamento, produtividade, gessamento, peso de 1000 grãos e rendimento, concluindo-se que doses e fontes de nitrogênio não influenciam os fatores produtivos da cultura de arroz de terras altas. Há grande influência do ambiente sobre as repostas das plantas à aplicação de nitrogênio, observando superioridade de resultados em anos agrícolas diferentes. No segundo artigo, avaliou-se, em diferentes dias após a aplicação do tratamento, a atividade da redutase do nitrato *in vivo* em laboratório, concluindo-se que diferentes doses e fontes de N não influenciam estatisticamente na atividade da redutase do nitrato em plantas de arroz de sequeiro, após testes *in vivo* em laboratório, mas que, provavelmente, o genótipo de cada cultivar varia em sua eficiência de absorção de N que, conseqüentemente influenciará a atividade da redutase do nitrato. A atividade da redutase do nitrato é mais elevada no período juvenil das plantas de arroz de terras altas, decaindo com a maturidade dessas plantas.

Palavras-chave: Arroz de terras altas. Aproveitamento de nitrogênio. Nitrogênio.

ABSTRACT

Phytotechnical techniques that result in high productivities, efficient products, are dependent on large national and international companies, as well as some public institutions, which offer these technologies to producers who yield high monetary profits the same. Upland rice is seen by Brazilian producers as a culture to open up the area to other more profitable ones, and their investments are minimal, thus reflecting for multinationals, as a crop that will return few returns on investments for specific rice research. Thus, we have some shortcomings in technical information for upland rice, some of which are possible influences on why rice paddy productivity is 50% or higher than when planted in highland. Because it is a characteristic that involves several phytotechnological information, the general objective of the work was to search results in the nutritional part of upland rice culture. The objective of this study was to evaluate the effect of treatments with different doses and sources of nitrogen (N) on vegetative and reproductive characteristics of upland rice, as well as to evaluate the efficiency of nitrate reductase enzyme activity in upland rice. These experiments were conducted in the experimental field of UFLA, being installed in plots of 4 lines of 3 m spaced of 0,35 m, in the years of 2015/2016 and 2016/2017. DBC with factorial 4x4 and 3 replicates were used. In the first article, height, lodging, productivity, grains, weight of 1000 grains and yield were evaluated, and it was concluded that doses and nitrogen sources do not influence the productive factors of upland rice cultivation. There is great influence of the environment on plant responses to nitrogen application, observing superior results in different agricultural years. In article 2, the nitrate reductase activity in the laboratory was evaluated on different days after application of the treatment in the laboratory, and it was concluded that different doses and sources of N do not statistically influence nitrate reductase activity in rice plants of after experimentation in vivo in the laboratory, but that probably the genotype of each cultivar varies in its efficiency of N absorption that consequently would influence the nitrate reductase activity. The activity of nitrate reductase is higher in the juvenile period of upland rice plants, decreasing with the maturity of these plants.

Keywords: Highland rice. Nitrogen utilization. Nitrogen.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO 10
2	REFERENCIAL TEÓRICO..... 12
2.1	A cultura do arroz 12
2.2	Nutrição mineral de plantas..... 13
2.2.1	Nitrogênio (N)..... 13
2.2.2	Enzima redutase do nitrato..... 14
	REFERÊNCIAS 17
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS* 19
	ARTIGO 1 - Doses e fontes de fertilizantes nitrogenados em características de produção de arroz de terras altas 20
1	INTRODUÇÃO 21
2	MATERIAL E MÉTODOS 22
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO 24
	REFERÊNCIAS 30
	ARTIGO 2 - Atividade da enzima redutase do nitrato em arroz de terras altas, em função de doses e fontes de fertilizantes nitrogenados distintos 32
1	INTRODUÇÃO 33
2	MATERIAL E MÉTODOS 34
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
	REFERÊNCIAS 42

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui quase 210 milhões de pessoas, sendo que o crescimento populacional brasileiro é linear. Estimativas apontam que, a cada 21 segundos, nasce um novo brasileiro (IBGE, 2018). Segundo a FAO (2016) o consumo mundial de arroz per capita, apresenta que, cada ser humano, consome em média 54,2 kg de arroz por ano. Ou seja, para suprir a demanda autossuficiente da atual e crescente população brasileira com arroz, necessita-se produzir mais de 11 bilhões de toneladas de arroz, todos os anos.

Apesar da crescente demanda por consumo, o arroz é uma das culturas que mais vem perdendo área ao longo das safras, saindo de 3,7 milhões de hectares plantados na safra 2003/2004 para atuais 2 milhões de hectares (safra 2017/2018), uma redução de aproximadamente 46% de área plantada em 15 anos (CONAB, 2018).

Os maiores estados brasileiros produtores de arroz em 2018 são RS, SC, TO, MT e MA (CONAB, 2018). Os dois maiores produtores de arroz brasileiros (RS e SC), empregam o sistema de produção inundado, utilizando várzeas, nas quais as plantações de arroz são conduzidas em lâminas de água dentro de tabuleiros.

A planta de arroz, por ser de origem aquática, possui aerênquimas em suas raízes (HOLZSCHUH; BOHNEN; ANGHINONI, 2010), respondendo positivamente ao cultivo de várzea, apresentado na safra de 2018, produtividade média de grãos 7.339 kg ha^{-1} (CONAB, 2018).

A enzima redutase do nitrato (RN) é uma das enzimas mais abundantes, tendo papel fundamental nos vegetais, pois dá início à redução do nitrato à amônio, dentro das plantas (YANEVA et al., 2000). A RN, assim como a maioria das enzimas, apresenta sensibilidades ao ambiente, sendo seu pico de atividade entre 9h e 10h, quando em sol pleno.

Devido a função da RN, o aproveitamento do nitrogênio (N) pelas plantas depende desta. Em solos anaeróbios (várzeas), o N predomina na forma de amônio, sendo absorvido e aproveitado pelas plantas sem transformações, ou seja, em arroz plantado em sistema inundado. A redutase do nitrato não possui função importante para as plantas, devido a absorção de amônio diretamente da solução do solo. Inversamente, em solos aeróbicos, onde se planta arroz de terras altas, o N predomina na forma de nitrato, sendo a RN fundamental nesse sistema, para que ocorra o máximo aproveitamento de N pelas plantas de arroz de terras altas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Sabe-se que as condições de plantio nos ambientes inundados são limitadas e sem perspectiva de crescimento, necessitando assim, de novas opções para aumento de produção.

O arroz de sequeiro, também conhecido como arroz de terras altas, é a opção para a solução desse problema. Diferentemente do arroz cultivado em várzea, esse é conduzido em um ambiente de solo aeróbico (EMBRAPA, 2018). Os estados brasileiros com maiores produções de arroz de sequeiro são TO, MT e MA, com média, em 2018, para esse sistema de plantio, de 2.362 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018).

Devido a grande diferença de produtividade de grãos entre os dois diferentes sistemas de produção, a cultura de arroz inundado possui um número maior de tecnologias e informações fitotécnicas disponíveis ao alcance dos produtores. Diferente da modalidade de plantio em terras altas, que possui deficiências no entendimento sobre manejos, e das condições de plantio, se obtém produtividades de quase 70% menos que em várzea (NASCENTE et al., 2011).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta da aplicação de diferentes doses e fontes de nitrogênio, em características de produção da cultura de arroz de terras altas, e na atividade da enzima redutase do nitrato.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do arroz

Devido ao grande consumo de arroz na alimentação humana, essa é uma cultura amplamente plantada no mundo, possuindo grande importância nacional. Existem dois sistemas de plantios de arroz, sendo o de várzea e de terras altas. Esses dois sistemas possuem grandes diferenças entre si, sendo o sistema de várzea o mais tecnificado, bem como o sistema que apresenta maiores produtividades. No sistema de plantio de terras altas, há grandes lacunas de informações fitotécnicas, bem como escassez de tecnologias disponíveis para a condução da cultura nesse sistema.

O arroz é uma planta perfilhadora, que produz seus grãos arranjados em panículas. O sistema radicular dessa planta é fasciculado como o de todas as Poaceas, possuindo aerênquimas que permitem a respiração, mesmo em condições de submersão completa da planta em água (FARINELLI et al., 2004).

A planta de arroz é classificada como autógama, ou seja, se autofecunda, havendo taxa de polinização cruzada abaixo de cinco por cento. A autofecundação é o processo quando o pólen (gameta masculino) através do tubo polínico se encontra com o óvulo (gameta feminino), ocorrendo assim, fecundação, dando início a meiose (BESPALHOK; GUERRA; OLIVEIRA, 2018).

Os manejos fitotécnicos do arroz plantado em sistema de várzea são distintos dos arrozes conduzidos em terras altas. Atualmente, a principal diferença entre os dois sistemas de plantio é a produtividade, que em várzea apresenta 70% a mais, que quando comparado com o de terras altas (CONAB, 2018). Vários fatores podem estar ligados a essa discrepância de produtividade, dentre eles, o fator nutrição atinge grande importância, sendo o nitrogênio, elemento exigido em grandes quantidades pelas plantas, pois é o nutriente mais limitante em arroz de terras altas, devido a sua forma em meio aeróbico, não ocorrendo limitação em várzea, por permanecer em forma distinta em solos alagados (BOLDIERI; CAZETTA; FORNASIERI FILHO, 2010).

A taxa de absorção de N no arroz é extensa durante todo o ciclo desta cultura, havendo picos de maiores taxas de absorção em duas fases, no perfilhamento e no início do primórdio floral (NASCENTE et al., 2011). A recomendação básica feita pela Embrapa (2009) é que se aplique de 10 a 30 kg ha⁻¹ de N no plantio, e em cobertura no perfilhamento das plantas, de 20 a 70 kg ha⁻¹ de N. Porém, em trabalho anterior a essa recomendação, Kluthcouski et al. (2006)

obtiveram resultados de melhor rendimento quando a adubação nitrogenada foi realizada toda no ato da sementeira.

Assim, estudos específicos na área da nutrição de arroz de terras altas, são grandes aliados ao aumento de produtividade desse sistema de cultivo, contribuindo com a garantia de alimento para a crescente população nacional e mundial.

2.2 Nutrição mineral de plantas

Nutrição mineral é o estudo de como as plantas obtêm e utilizam os nutrientes em seu benefício (TAIZ; ZEIGER, 2013). Uma planta mal nutrida apresenta desenvolvimento inferior à capacidade máxima que a mesma pode alcançar, e em casos extremos, essas expõem de modo visual, sintomas que direcionam tecnicamente em qual elemento esta possui carência (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Segundo a EMBRAPA (2018b), a nutrição mineral é essencial para ganhos de produtividades do arroz de terras altas, apresentando dados de aumento de produtividade de até 40% quando em condições de umidade favorável. Porém, a adubação representa aproximadamente 30% do custo de produção desta cultura, o que leva a concluir que é de extrema importância o uso racional de adubação mineral na cultura do arroz de terras altas, sendo também muito importante o conhecimento regionalizado de recomendações de adubação para cada cultura, inclusive para arroz de terras altas.

2.2.1 Nitrogênio (N)

O N é um elemento classificado como essencial para plantas. Isso porque ele atende todos os critérios de essencialidade que são: ser componente intrínseco na estrutura ou metabolismo da planta e; uma vez ausente, causa anormalidades severas no crescimento, desenvolvimento e reprodução da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em arroz de terras altas, o elemento responsável pela maior limitação da produtividade é o N (EMBRAPA, 2018b), diferentemente do potássio (K) que é o elemento limitante para produção de arroz de várzea (FAGERIA et al., 2007).

A recomendação de dose de N para qualquer cultura é feita com base em experimentação regional e utilizando a quantidade de matéria orgânica apresentada pela análise química de solo (MALAVOLTA, 2006).

Se tratando de fontes de N, há no mercado, diversas opções (Nitrato de Amônio, Sulfato de Amônio, Uréia, Nitro Gold®, Policote®, formulados (20:00:20 25:00:25) etc), havendo diferenças entre essas. Algumas podem apresentar vantagens em comparação às outras, quando aplicadas em arroz de terras altas (EMBRAPA, 2018 b).

Tem-se na literatura diversas informações sobre a aplicação de N em arroz, sendo que cada uma contém uma peculiaridade específica em seus trabalhos. Nascente et al., (2011) testaram doses e parcelamentos em diferentes manejos de solo para o plantio do arroz de terras altas, concluindo que ao fazer um revolvimento maior do solo independente da dose, a produtividade aumenta quando se parcela o nitrogênio, bem como quando ocorre apenas a gradagem, a produtividade fica semelhante a encontrada no sistema de plantio direto, quando se aplica o nitrogênio todo no plantio. Assim, tal como cada peculiaridade, o presente trabalho visou buscar informações não somente de doses, mas também de fontes de nitrogênio que mais se adequam ao sistema de plantio de arroz de terras altas.

2.2.2 Enzima redutase do nitrato

O nitrato (NO_3^-) é considerado a fonte mais importante de N mineral para o crescimento de plantas em solos aeróbicos. As plantas adquirem NO_3^- da solução do solo, absorvendo-o por meio de transportadores específicos localizados na membrana plasmática das células da epiderme e do córtex da raiz. Uma vez no interior da célula, o NO_3^- pode ser reduzido ou estocado no vacúolo. O primeiro passo na redução é realizado no citossol, pela enzima redutase do nitrato (RN) produzindo nitrito, que entra nos plastídios (cloroplasto na parte aérea e então é reduzido a NH_4^+ pela enzima redutase do nitrito (RNi.). O amônio é fixado pelo sistema Glutamina Sintetase / Glutamina Oxoglutarato Aminotransferase (GS/GOGAT) em aminoácidos (glutamina / glutamato) os quais servem como substrato para reações de transaminação para produzir todos os outros aminoácidos proteicos (TISCHNER, 2000).

A RN é uma enzima passível de ativação e indução pelo substrato (nitrato) e possui meia vida curta (em média 3 horas). Existem 3 isoenzimas da R.N em plantas, as quais diferenciam pela coenzima utilizada, Nicotinamida – Adenina – Dinucleotídeo reduzida (NADH), Nicotinamida – Adenina – Dinucleotídeo fosfato reduzida (NADPH), ou ambas. A R.N dependente de NADH, código (EC1.6.6.1) está presente em plantas superiores e algas, a R.N depende de NADPH, código (EC 1.6.6.2) é encontrada em plantas superiores, algas e fungos.

Raízes contêm as duas isoformas de RN (NADH e NADPH). Em raízes existem duas formas de GS, uma encontrada nos plastídios (GS2), e outra no citossol (GS1), sendo essa usualmente detectada, existindo poucos trabalhos com a forma plastídica (BRUGIÈRE; SUZUKI; HIREL, 2001). A GS1 constitui uma família com diversos genes, alguns dos quais são especificamente expressos em raízes (GEBHARDT et al., 1986). Esta enzima assimila NH_4^+ derivado diretamente do solo ou dos produtos da redução de NO_3^- (IRELAND; LEA, 1999).

Existem 2 isoformas de GOGAT (glutamato sintase) que catalisa a reação de assimilação do NH_4^+ utilizando NADPH ou Ferredoxina Dependente (Fd) reduzida como doadores de elétrons. A presença delas varia com o desenvolvimento do tecido, no entanto, ambas estão localizadas no plastídio. Em raízes, especialmente nas pontas, a Fd – GOGAT é a principal forma presente (BRUGIÈRE; SUZUKI; HIREL, 2001).

A diminuição no influxo e quantidade de NO_3^- , no citossol, pode resultar na queda da atividade da R.N. Deste modo, o NO_3^- armazenado nos vacúolos constitui-se em uma importante reserva, que pode ser posteriormente remobilizada e utilizada para o metabolismo nitrogenado da planta. De fato, Hirel et al. (2001) demonstraram em trabalho com milho, que o nitrato acumulado no estágio inicial de crescimento das plantas poderia ser utilizado em fases posteriores do ciclo. Os autores concluem ainda, que a formação desse estoque de NO_3^- estaria relacionada à baixa atividade da RN no início do ciclo da cultura.

Durante o período reprodutivo se espera que o NO_3^- acumulado nos vacúolos e o N remobilizado de outras partes da planta seja direcionado para o desenvolvimento dos grãos, o que torna necessário o estudo das modificações metabólicas que ocorrem nestas circunstâncias, relacionados principalmente às enzimas de assimilação de N e carbono, envolvidas nestes processos. Segundo Masclaux et al. (2000), tanto os transcritos gênicos como a atividade das enzimas GS1, GDH e Proteases aumentam durante o período reprodutivo. Estes autores também observaram que durante a senescência houve diminuição das enzimas cloroplásticas GS2, GOGAT e Ribulose 1,5 Bifosfato Carboxilase / Oxigenase (RUBISCO), resultando provavelmente da hidrólise das proteínas nesta organela, que ocorre nesta ocasião.

A suplementação com N pode aumentar o conteúdo de proteína nos grãos de arroz. Entretanto, a produção de grãos e o seu conteúdo de proteína geralmente se correlaciona negativamente. A relação inversa entre a produção de grãos e o teor de proteína ocorre devido à estratégia aplicada pelos melhoristas, que aumentam a produtividade dos cereais em detrimento do acúmulo de N nos grãos (KRAMER, 1979). Isto pode ser evitado escolhendo-

se a época apropriada para a aplicação de N, especialmente na fase pós-antese (SOUZA et al., 1999). Visto a complexidade no entendimento da RN nos vegetais, entende-se como necessários, estudos específicos dessa enzima em cada cultura, sendo o arroz de terras altas uma cultura na qual se tem grandes possibilidades de influência por essa enzima, necessitando de um melhor entendimento sobre essa.

REFERÊNCIAS

- BESPALHOK, F.J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R.A. Sistemas Reprodutivos de Plantas Cultivadas. v. 4. Disponível em: <<http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%204.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- BOLDIERI, F.M.; CAZETTA, D.A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 421-428, jun. 2010.
- BRUGIÈRE, N.; SUZUKI, A.; HIREL, B. Ammonium assimilation. In: **Nitrogen assimilation by plants: Physiological, biochemical and molecular aspects**. New Hampshire: J-F MorotGaudry, 2001. p. 71-94.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de cultivo**. 2018a. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fessmg502wx5eo0y53mhyvcjebf.html>>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fertilização do solo**. 2018b. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fessmg502wx5eo0y53mhyvcjebf.html>>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: Estados de Mato Grosso e Rondônia - safras 2009/2010 e 2010/2011**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. (Documentos, 247).
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas**. Princípios e perspectivas. Londrina: Planta, 2006.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos; CUTRIM, V. dos. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciados pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, jul. 2007.
- FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Relatório OCDE-FAO: América Latina e Caribe pode erradicar a fome até 2025**. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/423039/>>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- FARINELLI, R. et al. Características agrônômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 447-454, 2004.
- IRELAN, R.J.; LEA, P.J. The enzymes of glutamine, glutamate, asparagine, and aspartate metabolismo. In: SINGH, B.K. (Ed.). **Plant amino Acids: Biochemistry and Biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999.

HIREL, B.; BERTIN, P.; QUILLERÉ, I.; BOURDONCLE, W.; ATTAGNANT, C.; DELLAY, C.; GOUY, A.; CADIOU, S.; RETAILLIAU, C.; FALQUE, M.; GALLAIS, A. Towards a Better Understanding of the Genetic and Physiological Basis for Nitrogen Use Efficiency in Maize. **Plant Physiology**, v. 125, p. 1258-1270, 2001.

HOLZSCHUH, M.J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I. Avaliação da porosidade e placa férrica de raízes de arroz cultivado em hipoxia. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1763-1769, out. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n5/28.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 17 jul. 2018.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Manejo antecipado de nitrogênio nas principais culturas anuais**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 113, p. 1-24, mar. 2006. (Encarte técnico).

KRAMER, T. Environmental and genetic variation for protein content in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphatica**, v. 26, p. 209-218, 1979.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MASCLAUX, C.; VALADIER, M. H.; BRUGIÈRE, N.; MOROT-GAUDRY, J. F.; HIREL, B. Characterization of the sink/source transition in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) shoots in relation to nitrogen management and leaf senescence. **Planta**, v. 211, p. 510-518, 2000.

NASCENTE, A.S. et al. Upland rice cultivars development and yield regarding soil management. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 186-192, 2011.

SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S.; MAGALHÃES, J.R. Effects of Supplemental Nitrogen on Nitrogen-Assimilation Enzymes, Free Amino Nitrogen, Soluble Sugars, and Crude Protein of Rice. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, US., v. 30, n. 5/6, p. 711-724, 1999.

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

TISCHNER, R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 23, p. 1005-1024, 2000.

YANEVA, I.A. et al., Nitrate reductase activation state in leaves of molybdenum-deficient winter wheat. **Journal of Plant Physiology**, v. 157, p. 495-501, 2000.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS*

ARTIGO 1 - Doses e fontes de fertilizantes nitrogenados em características de produção de arroz de terras altas**RESUMO**

Objetivou-se no presente trabalho, avaliar a resposta da aplicação de doses e fontes de nitrogênio (N) em características de produção na cultura de arroz de terras altas. Os experimentos (ano agrícola 1 e 2) foram conduzidos em campo experimental da Universidade Federal de Lavras, em parcelas constituídas de 4 linhas de 3 metros lineares, espaçadas entre elas com 0,35 m, totalizando 4,2 m² por parcela. Ambas as safras foram conduzidas utilizando-se o DBC, com três repetições, em esquema de fatorial (4x4), sendo o fator 1, doses de N (0, 50 100 e 200 kg ha⁻¹ de N); e o fator 2, fontes de N (Nitrato de amônio, Sulfato de amônio, Uréia e Policote) constituindo 16 tratamentos. As características avaliadas nas safras foram: Vegetativos – altura e acamamento; Produtivos – produtividade, gessamento, peso de 1000 grãos e rendimento. Com base no apresentado concluiu-se que, para o primeiro artigo, que doses e fontes de nitrogênio não influenciam os fatores produtivos da cultura de arroz de terras altas. Há grande influência do ambiente sobre as repostas das plantas a aplicação de nitrogênio, observando superioridade de resultados em anos agrícolas diferentes.

Palavras-chave: Nitrogênio. Produtividade. Desenvolvimento vegetal.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the response of nitrogen and nitrogen sources (N) to production characteristics in upland rice crop. The experiments (agricultural year 1 and 2) were conducted in experimental field of the Federal University of Lavras, in plots consisting of 4 lines of 3 linear meters, spaced between them with 0.35 m, totaling 4.2 m² per plot. Both were harvested using the DBC, with three replications, in a factorial scheme (4x4), being factor 1, N doses (0, 50 100 and 200 kg ha⁻¹ of N); and factor 2, N sources (ammonium nitrate, ammonium sulfate, urea and polycote) constituting 16 treatments. The characteristics evaluated in the crops were: Vegetative - height and lodging; Productive - productivity, grains, weight of 1000 grains and yield. Based on the presented we conclude that for the first article nitrogen rates and sources do not influence the productive factors of upland rice cultivation. There is great influence of the environment on plant responses to nitrogen application, observing superior results in different agricultural years.

Keywords: Nitrogen. Productivity. Plant development.

1 INTRODUÇÃO

O arroz é a fonte de carboidrato mais utilizada nas principais refeições dos brasileiros e outros povos no mundo. Sua utilização ocorre independente de classes sociais, sendo aqui no Brasil, consumido em maior quantidade pela classe de baixa e média renda, com média de consumo per capita de 108 g por dia, oferecendo 14% de carboidratos, 10% de proteínas e 0,8% de lipídeos (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

As plantas são autotróficas e para suprirem propriamente suas demandas, há necessidade de nutrientes, que participam direta e indiretamente dos processos de síntese de açúcares, carboidratos, proteínas e lipídeos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, a nutrição mineral de plantas está diretamente associada a um melhor desenvolvimento vegetal, e no caso de cultivares explorada pelo homem, há uma melhor produtividade e, conseqüentemente, produção final satisfatória (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

As funções do N na planta são diversas, sendo o elemento requerido em maior quantidade pela maioria das plantas, inclusive as de arroz, plantadas em sistema de sequeiro. Bioquimicamente o N possui funções como: constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucléicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, entre outras (MEDEIROS et al., 2007).

Fidelis et al. (2012) trabalharam com sete cultivares de arroz variando doses de N para essas de 20 a 120 kg ha⁻¹, concluindo que as maiores doses influíram em maiores alturas de plantas e no retardamento do florescimento de todas cultivares, porém, afetou positivamente apenas uma cultivar na característica produtividade. No caso do trabalho de Hernandez et al., (2010), esses trabalharam com doses de N variando de 0 a 200 kg ha⁻¹, bem como utilizaram 3 fontes de N distintas, sendo que essa última não influenciou nenhuma característica avaliada, porém, para doses, obteve-se melhor produtividade ao aplicar 122 kg ha⁻¹ de N.

A adubação básica em todas as culturas cultivadas é feita utilizando nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P). Para o K e P tem-se a análise de solo como suporte para interpretação, e assim, correta recomendação. No caso do N, leva-se em consideração o valor da matéria orgânica do solo, porém, essa recomendação é feita de modo indireto. O ideal para N é a experimentação regional com diferentes doses, fontes e épocas de aplicação, em cada cultura, ocorrendo o mesmo para o arroz (EMBRAPA, 2018). Contudo tem-se no mercado diversas opções de fertilizantes nitrogenados, cada um com suas vantagens e suas

desvantagens, sendo necessários experimentos em cada cultura para sanar dúvidas de qual fonte e dose utilizar.

Assim objetivou-se avaliar a resposta da aplicação de doses e fonte de N sobre características produtivas da cultura de arroz de terras altas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado nas coordenadas geográficas: Latitude 21° 14' S. Longitude 45° 00' W, e altitude média de 920 metros. Definiu-se como tipo de solo dessa área experimental o Latossolo Vermelho-Amarelo, sendo a análise química e física do ano agrícola 1 e 2 apresentadas nas Tabelas 1 e 2 respectivamente. O experimento 'ano agrícola 1' foi conduzido nos anos de 2015/2016 e, 2016/2017 o experimento denominado 'ano agrícola 2'.

Tabela 1 – Análise química e física do solo, da área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na safra agrícola 1 (2015/2016).

pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
	-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----		cmol _c /dm ³	
5,9	80,76	8,38	-	2,64	0,70	0,10	2,54
SB	t	T	V	m	MO	P-rem	Zn
-----cmol _c /dm ³ -----		-----%-----		dag/kg	mg/L	mg/dm³	
3,55	3,65	6,09	58,24	2,74	1,70	27,66	3,87
Fe	Mn	Cu	B	S	Argila	Silte	Areia
-----mg/dm ³ -----				-----dag/kg-----			
96,39	24,01	0,69	0,08	18,70	45	31	46

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 2 – Análise química e física do solo, da área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na safra agrícola 2 (2016/2017).

pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
	-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----		cmol _c /dm ³	
5,8	155,62	42,62	-	3,01	0,84	0,11	3,82
SB	t	T	V	m	MO	P-rem	Zn
-----cmol _c /dm ³ -----		-----%-----		dag/kg	mg/L	mg/dm ³	
4,25	4,36	8,07	52,65	2,52	2,37	28,26	4,88
Fe	Mn	Cu	B	S	Argila	Silte	Areia
-----mg/dm ³ -----				-----dag/kg-----			
53,52	14,40	0,25	0,03	7,19	58	5	39

Fonte: Do autor (2018).

Em ambas as safras, anterior ao plantio, foi realizado o preparo convencional do solo. A linhagem utilizada nos dois plantios está em avaliação na fase de VCU no programa de melhoramento de arroz de terras altas da UFLA, sendo denominada linhagem 1509. O número de sementes por metro linear utilizada nas duas safras foi de 80 sementes, considerando um mínimo de 80% de germinação, obtendo um stand médio nos dois anos de quase um milhão e novecentas mil plantas por hectare.

A adubação de plantio na safra 1 e 2 foi baseada nas análises de solo (TABELAS 1 e 2), seguindo as recomendações descritas nas publicações de Vilar (2007) e Souza e Lobato (2004), com expectativa de produtividade de 4 t ha⁻¹, aplicando-se assim, em média, 450 kg de 04-14-08 no plantio de ambas as safras, sendo os tratamentos aplicados em cobertura.

Tanto no ano agrícola 1, como no 2, os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados (DBC), com parcelas de 4,2 m², contendo em cada 4 linhas de 3 metros lineares, espaçadas entre linhas com 0,35 m, sendo as duas linhas centrais a área útil da parcela. O esquema fatorial montado, foi utilizado em ambos os experimentos, sendo 4 doses de N (0, 50, 100 e 200 kg N ha⁻¹) e 4 fontes nitrogenadas (uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e policote), totalizando 16 tratamentos com três repetições.

Devido cada fonte de N conter concentrações diferentes de N (uréia (45% N), sulfato de amônio (21% N), nitrato de amônio (33% N) e policote (46% N)), essas foram levadas em consideração na conversão da aplicação das doses de N. Também converteu-se as doses de N que estão em hectares, para metro linear, para pesagem e, assim, aplicação dos tratamentos. A

aplicação dos tratamentos no ano agrícola 1 ocorreu aos 25 dias após a emergência (DAE) do arroz, ocorrendo aos 29 DAE no ano agrícola 2.

As condições hídricas em ambos os anos foram consideradas adequadas, havendo suplementação por meio de irrigação por aspersão em período de estiagem de chuvas. Para o controle de plantas daninhas, se utilizou o mesmo protocolo nas duas safras, sendo utilizado em pré-emergência (0 dias após plantio (DAP)) Pendimethalin (Herbadox[®]) e Metsulfuron-methyl (Ally[®]) em pós emergência (20 DAE), e capinas preventivas em início de infestações. Não foram realizadas aplicações de fungicidas, inseticidas e adubos foliares em nenhum dos experimentos.

As características avaliadas no ano agrícola 1 e 2 foram (apenas na área útil): Altura média de cinco plantas por parcela (medida com régua em centímetros, a partir da superfície do solo até o ápice da folha bandeira avaliados aos 50 dias após aplicação do tratamento (DAA)). Acamamento (avaliação visual da parcela, essa era considerada tombada quando apresentava 50% das plantas no chão avaliados aos 50 DAA). Produtividade de grãos (se colheu a área útil da parcela (duas linhas centrais), se pesou o total, fez-se a transformação com base em metros lineares e o espaçamento utilizado). Peso de 1000 grãos (repete-se 8 vezes o peso de 100 grãos, tirando-se a média e multiplicando-se por 10). Rendimento de grãos inteiros (quantidade (%)) de grãos inteiros beneficiados pela máquina da marca Suzuki, a qual descasca o grão, faz o polimento, separa os grãos quebrados dos inteiros, pesando os mesmo separados, utilizando apenas o valor de grãos inteiros). Gessamento (foi contado o número de grãos gessados em amostras de 100 grãos beneficiados).

Tabelados os dados, prosseguiu-se a análise conjunta, os dados apresentaram distribuição normal, não havendo transformações. As análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), levando em consideração para a avaliação de significância, o teste F, com 5% de probabilidade de erro. Para resultados significativos da fonte de variação doses de N, foi requerido para explanação o teste de Regressão, bem como solicitado o teste de Scott e Knott para fontes de N.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A característica altura é considerada muito importante em experimentos das mais variadas culturas, e no arroz de sequeiro, não é diferente, pois plantas com excesso de altura tendem a acamar com maior facilidade, sendo maior a dificuldade com a colheita, além de perdas de produtividade e qualidade final do arroz. Utilizando a análise conjunta (TABELA

1) para caráter altura, obteve-se significância apenas para doses de N (DN) a 5% de probabilidade, não ocorrendo significância para o fator safra, o que significa que para o caráter altura o ambiente não influenciou (CV da análise: 5,37%). A Figura 1B apresenta que à medida que se aumentou a dose de N nas dos dois anos agrícolas, se obteve ganhos na altura das plantas de arroz, que era esperado, com base nas funções que o nitrogênio possui sobre o crescimento vegetativo das plantas (HERNANDES et al., 2010).

Resultados que corroboram com o trabalho são apresentados por Fidelis et al., (2012) os quais obtiveram ganhos em altura nas plantas de arroz da cultivar BRS-MG Curinga ao aplicar 120 kg ha⁻¹ de N. Além desse resultado, os autores chamaram atenção para um quesito importante, devido a doses altas proporcionarem maiores alturas de plantas de arroz, essa pode prolongar o período vegetativo, já que o N é abundante, prolongando o ciclo total da cultura. Em outro trabalho, publicado por Cazetta et al. (2008), pode-se observar também resultados positivos em doses de N variando de 50 a 125 kg ha⁻¹ na característica altura de arroz.

Figura 1 – Regressão linear para altura de plantas de arroz de sequeiro em cm por doses de nitrogênio, para altura em cm. Análise conjunta (safra 15/16 e 16/17). Universidade Federal de Lavras, 2018.

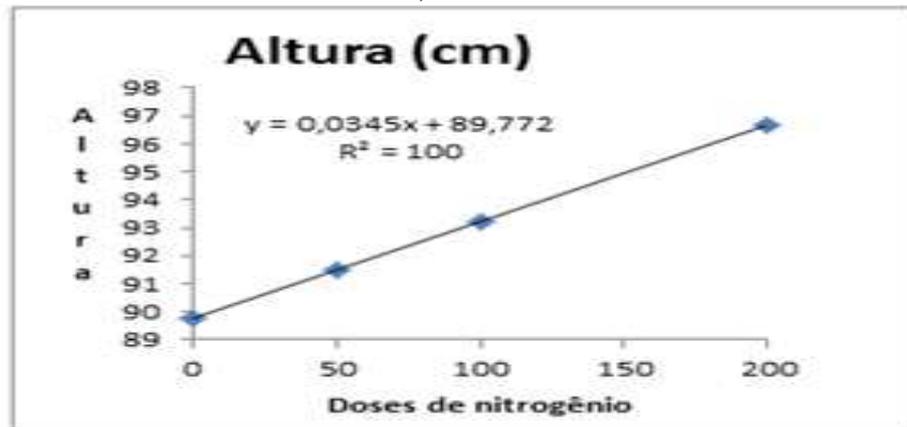


Tabela 1 – Análise de variância (ANAVA) conjunta para o caráter produtividade de grãos (kg ha⁻¹), Altura (cm), Rendimento (%), Peso de 1000 grãos (gramas) e Gessamento (nº de grãos não gessados). Universidade Federal de Lavras 2018.

FV	GL	Pr >Fc (Prod.)	Pr >Fc (Alt.)	Pr >Fc (Rend.)	Pr >Fc (1000 G.)	Pr >Fc (Gessam.)
Doses de N (D.N)	3	0,690 ns	0,000 ns	0,423 ns	0,924 ns	0,224 ns
Fonte de N (F.N)	3	0,702 ns	0,094 ns	0,788 ns	0,002 **	0,337 ns
Safra (S)	1	0,106 ns	0,503 ns	0,000 **	0,000 **	0,000 **
D.N x F.N	9	0,114 ns	0,358 ns	0,092 ns	0,450 ns	0,635 ns
D.N x S	3	0,343 ns	0,044 *	0,230 ns	0,965 ns	0,269 ns
F.N x S	3	0,948 ns	0,743 ns	0,034 *	0,613 ns	0,261 ns
D.N x F.N x S	9	0,116 ns	0,887 ns	0,401 ns	0,321 ns	0,391 ns
Blocos/Safras	2	0,003 **	0,001 **	0,270 ns	0,003 **	0,029 *
Erro	62					
Total	95					
CV (%)		24,09	5,37	2,55	5,51	4,10

*: significativo a 1%; **: significativo a 5% e ns: não significativo.

Fonte: Do autor (2018).

O N é um elemento que está diretamente associado ao crescimento vegetal, com isso, doses altas podem favorecer o crescimento excessivo quando o ambiente se apresentar favorável. Esse pode causar acamamento da planta, que dificulta a colheita ou até mesmo inviabiliza a mesma. Em ambos os anos agrícolas se fez avaliações de acamamento, porém, nenhuma parcela apresentou acamamento, não se prosseguindo com a análise estatística.

Ao contrário do ocorrido, a hipótese era que maior dose de N, levaria as plantas de arroz ao um maior acamamento de plantas. Uma das prováveis explicações é que o N influencia no crescimento e, conseqüentemente, no acamamento do arroz, dependendo da cultivar (CAZETTA et al., 2008), pois, Mauad et al. (2013) afirma, que para a cultivar IAC-202 doses crescentes de N aumentam o acamamento de plantas de arroz.

O arroz é um produto dependente de qualidade de grãos, pois esse é avaliado diretamente pelo consumidor final. Um caráter que leva a classificação do arroz a um tipo inferior é o gessamento do grão de arroz. Para esse caráter ao se fazer a análise conjunta obtivemos resultados significativos para ano agrícola (TABELA 1), a qual se teve um maior número de grãos não gessados, ou seja, de maior qualidade, no ano agrícola 2, quando comparado com o ano agrícola 1 (TABELA 2).

Tabela 1 – Teste de Scott-Knott em análise conjunta para gessamento em porcentagem de grãos não gessados por ano agrícola (15/16 e 16/17). Universidade Federal de Lavras 2018.

Tratamentos	Médias
Ano agrícola 1 (15/16)	88,00 b
Ano agrícola 2 (16/17)	96,72 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2018).

Da Silva et al. (2013) compartilham de resultados similares de que doses crescentes de N, diminuem o grau de gessamento dos grãos de arroz, além de diminuir o número de grãos quebrados. Resultados positivos também foram encontrados por Silva et al. (1987) os quais obtiveram maior porcentagem de grãos translúcidos com aplicações de N nas cultivares IAC-435, De Abril e IR-665.

O rendimento do arroz é a porcentagem dos grãos inteiros após o processo de beneficiamento (retirada da casca) desses. Por exemplo, uma cultivar com rendimento de 50%, apresenta em 100 kg de arroz com casca, 50 kg de arroz inteiro, e os outros 50 kg são de arroz quebradinho e palha, o que normalmente fica entre 30 e 20 kg de cada, respectivamente. Os resultados da análise conjunta para rendimento foram significativos para as fontes de variação S e a interação F.N x S (TABELA 1). Nas duas fontes de variação a safra 2 se mostrou superior no caráter rendimento, independente da F.N, ou seja, tanto a U, como o NA, SA e PC, apresentaram melhores resultados para rendimento na segunda safra, quando comparado com a primeira safra (TABELAS 3 e 4).

Tabela 3 – Teste de Scott-Knott da análise conjunta da fonte de variação ano agrícola, para rendimento em %. Universidade Federal de Lavras 2018.

Tratamentos	Médias
Ano agrícola 1 (15/16)	69,47 b
Ano agrícola 2 (16/17)	72,97 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 4 – Teste de Scott-Knott para desdobramento da análise conjunta da fonte de variação safra dentro de fonte de nitrogênio Uréia, Nitrato de amônio, Sulfato de amônio e Policote para rendimento em %. Universidade Federal de Lavras 2018.

Tratamentos	Médias
Ano agrícola 1 Uréia (15/16)	70,57 b
Ano agrícola 2 Uréia (16/17)	72,13 a
Ano agrícola 1 (15/16) Nitrato de amônio	69,29 b
Ano agrícola 2 (16/17) Nitrato de amônio	73,36 a
Ano agrícola 1 (15/16) Sulfato de amônio	68,75 b
Ano agrícola 2 (16/17) Sulfato de amônio	73,04 a
Ano agrícola 1 (15/16) Policote	69,27 b
Ano agrícola 2 (16/17) Policote	73,36 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2018).

Devido sua forma química, o sulfato de amônio, nitrato de amônio e policote (N de liberação lenta) são fontes de N que sofrem menos com perdas pelo ambiente, sendo suas absorções assim, em grandes escalas pelas plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2006). A uréia possui maior volatilização e perdas por lixiviação, porém, possui alto teor de % de N, o que pode compensar possíveis perdas. Como o N é responsável pelo crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Foi avaliando também nos experimentos, o peso de 1000 grãos, característica pertencentes aos componentes de produção da cultura do arroz. Na análise conjunta obteve-se resultado significativo para F.N e Ano agrícola. O sulfato de amônio e policote foram os mais responsivos no caráter peso de 1000 grãos (TABELA 5) e no caso de ano agrícola, o segundo ano foi superior ao primeiro ano, indicando influência do ambiente nesse caráter (TABELA 6).

Assim como no presente trabalho, Cazetta et al. (2008) trabalhando apenas com doses de N, não encontraram diferença significativa para massa de 100 grãos entre a testemunha (0 kg ha⁻¹ de N) e as doses aplicadas, nem mesmo a mais elevada, que foi 125 kg ha⁻¹ de N. Resultado negativo para massa de 100 grãos em doses de N variando de 0 a 150 kg ha⁻¹ também foi encontrado por Buzetti et al. (2006). Porém Fidelis et al. (2012) apresentaram resultados que variaram de 1,3g a 3,5g para massa de 100 grãos com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, em diferentes cultivares de arroz.

Se tratando de fontes de N, Hernandez et al. (2010) trabalhando com Entec, sulfato de amônio e uréia, não observaram resultados distintos na massa de 100 grãos, divergindo dos resultados apresentados, o qual as fontes sulfato de amônio e policote apresentaram melhores médias para peso de 1000 grãos (TABELA 5).

Tabela 5 – Teste de Scott-Knott em análise conjunta para peso de 1000 grãos em gramas por fontes de nitrogênio. Universidade Federal de Lavras 2018.

Tratamentos	Médias
Uréia (U)	21,47 b
Nitrato de amônio (N.A)	21,97 b
Sulfato de amônio (S.A)	22,36 a
Policote (PC)	22,84 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 6 – Teste de Scott-Knott em análise conjunta para peso de 1000 grãos em gramas por safra (15/16 e 16/17). Universidade Federal de Lavras 2018.

Tratamentos	Médias
Ano agrícola 1 (15/16)	16,70 b
Ano agrícola 2 (16/17)	27,61 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2018).

Considerando a característica produtividade de grãos de arroz, a análise conjunta não se observou nenhum resultado significativo a 5% para o caráter produtividade (TABELA 1), ou seja, o ambiente (safra) não influenciou os tratamentos sobre o caráter produtividade.

Autores como Fageria et al. (2007) demonstraram a importância do N na produtividade do arroz, afirmando ainda, que a eficiência no aproveitamento do N varia entre as cultivares e que o N influenciou o número de espiguetas férteis positivamente, auxiliando assim, o aumento final de produtividade após aplicações de N, que pode explicar a não significância dos dados para produtividade, pois a eficiência de absorção da cultivar (1590) sempre é a mesma.

Com base no apresentado concluiu-se que doses e fontes de nitrogênio não influenciam os fatores produtivos da cultura de arroz de terras altas. Há grande influência do ambiente sobre as repostas das plantas a aplicação de nitrogênio, observando superioridade de resultados em anos agrícolas diferentes.

REFERÊNCIAS

- BUZETTI, S. et al. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de clormequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 1731-1737, 2006.
- CAZETTA, D.A. et al. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, p. 471-479, 2008.
- DA SILVA, L.P. et al. Adubação nitrogenada sobre rendimento industrial e composição dos grãos de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 1128-1133, 2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fertilização do solo**. 2018. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fessmgy502wx5eo0y53mhyvcjcebf.html>>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas. princípios e perspectivas. Londrina: Planta, 2006.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos; CUTRIM, V. dos A. Yield and nitrogen use efficiency of lowland rice genotypes as influenced by nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FIDELIS, R. R. et al. Eficiência do uso de nitrogênio em genótipos de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, 2012.
- HERNANDES, A. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 307-312, 2010.
- MAUAD, M.; COSTA, C.A.; GRASSI FILHO, C.H.; MACHADO, S.R. Deposição de sílica e teor de nitrogênio e silício em arroz. **Semina**, Ciências Agrárias, Londrina. p. v. 34, n. 4, p. 1653-1662, 2013.
- MEDEIROS, R. D. de et al. Resposta de cultivares de arroz irrigado a níveis de nitrogênio aplicados em cobertura no Estado de Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Orium, 2007a. p. 617-618.
- SILVA, L.H.V. da; FIGUEIRO, P.R.P.; VILLARROEL, A.B.S. Production of meat and wool by Corriedale lambs on native and cultivated pasture. **Rev. Centro Ciências Rurais**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 17, p. 283-293, 1987.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 147-167.

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

VILLAR, M.L.P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação**. Cuiabá: EMPAER-MT, 2007. 182 p. (EMPAER-MT. Documentos, 35).

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A.de. Arroz: composição e características nutricionais. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, ago. 2008.

ARTIGO 2 - Atividade da enzima redutase do nitrato em arroz de terras altas, em função de doses e fontes de fertilizantes nitrogenados distintos

RESUMO

Objetivou-se com o desenvolvimento do trabalho avaliar a eficiência da atividade da enzima redutase do nitrato em resposta a doses e fontes de nitrogênio em arroz de terras altas. Os experimentos (ano agrícola 1 e 2) foram conduzidos no campo experimental da Universidade Federal de Lavras, em parcelas constituídas de 4 linhas de 3 metros lineares, espaçadas entre elas com 0,35 m, totalizando 4,2 m² por parcela. Os experimentos foram conduzidos utilizando-se o DBC, com três repetições, em esquema de fatorial (4x4), sendo o fator 1: doses de nitrogênio (D.N); e o fator 2: fontes de nitrogênio (F.N), constituindo 16 tratamentos. As características avaliadas tanto na safra 1 como na 2 foram a atividade da redutase do nitrato em teste *in vivo* no laboratório. Observou-se ganhos de atividade da redutase do nitrato com o aumento das D.N, bem como sua maior atividade em estágios mais jovens das plantas de arroz de terras altas. Assim, concluiu-se que diferentes doses e fontes de N não influenciam estatisticamente na atividade da redutase do nitrato em plantas de arroz de sequeiro após testes *in vivo* em laboratório, mas que, provavelmente, o genótipo de cada cultivar varia em sua eficiência de absorção de N que, conseqüentemente, influenciará a atividade da redutase do nitrato. A atividade da redutase do nitrato é mais elevada no período juvenil das plantas de arroz de terras altas, decaindo com a maturidade dessas plantas.

Palavras-chave: Nitrogênio. Assimilação de N. *Oryza sativa*.

ABSTRACT

The objective of the work was to evaluate the efficiency of nitrate reductase enzyme activity in response to nitrogen doses and sources in upland rice. The experiments (agricultural year 1 and 2) were conducted in the experimental field of the Federal University of Lavras, in plots consisting of 4 lines of 3 linear meters, spaced between them with 0.35 m, totaling 4.2 m² per plot. The experiments were conducted using the DBC, with three replications, in factorial scheme (4x4), being factor 1: nitrogen doses (D.N); and factor 2: nitrogen sources (F.N), constituting 16 treatments. The characteristics evaluated in both harvest 1 and 2 were the nitrate reductase activity *in vivo* in the laboratory. Nitrate reductase activity gains were observed with increasing D.N, as well as their higher activity in younger stages of upland rice plants. Thus, we conclude that different doses and N sources do not statistically influence nitrate reductase activity in rainfed rice plants after *in vivo* laboratory tests, but that probably the genotype of each cultivar varies in its N absorption efficiency, which consequently would influence the activity of nitrate reductase. The activity of nitrate reductase is higher in the juvenile period of upland rice plants, decreasing with the maturity of these plants.

Keywords: Nitrogen. Assimilation of N. *Oryza sativa*.

1 INTRODUÇÃO

As enzimas são essenciais para os seres vivos, sendo responsáveis pelas transformações que auxiliam os sistemas biológicos a aproveitar o máximo dos substratos a eles oferecidos. São amplamente abundantes em nossos ecossistemas, podendo citar como exemplo a RUBISCO, α – amilase, redutase do nitrito e a redutase do nitrato (FATIBELLO-FILHO; VIEIRA, 2002).

O nitrogênio (N) pode ocorrer em diferentes formas químicas no meio ambiente, sendo o nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) as mais abundantes na solução dos solos agricultáveis. Devido a uma maior presença de cátions (elementos com cargas positivas) na fração mineral do solo, o N na forma de nitrato sofre uma menor perda por lixiviação, uma vez que esse tende a se ligar a essas cargas positivas. Inversamente, o N na forma de amônio é repellido, sendo percolado e assim lixiviado mais facilmente quando disponível na solução do solo (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O nitrato é uma das principais fontes naturais de N nos solos brasileiros, pois, além de ser perdido com menor intensidade comparado ao amônio, esse é a primeira forma que o N se apresenta após a transformação do N orgânico oriundo da matéria orgânica, para N mineral, que poderá ser absorvido pelas plantas (GONÇALVES; CERETTA; BASSO, 2000).

Apesar de apresentar vantagens no solo na forma de nitrato, uma vez absorvido pelas plantas, esse N deve ser rapidamente convertido a amônio. Isso se deve ao fato do N na forma de nitrato ser tóxico para as plantas, o amônio também é tóxico para as plantas, porém, nessa forma, o mesmo é rapidamente transformado em glutamato e glutamina pela GOGAT. Devido sua carga negativa (NO_3^-), esse reage com o O_2 que possui carga positiva, gerando uma reação de oxidação, que é prejudicial às células vegetais, levando-as a uma degradação e, conseqüentemente, a morte celular que causará a senescência das plantas. A enzima responsável pelo início da transformação do N na forma de nitrato para amônio é a redutase do nitrato, sendo o amônio, utilizado como substrato de N para as mais diversas necessidades dos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A cultura de arroz inundado possuiu uma peculiaridade, a qual juntamente com pouquíssimos vegetais possui a preferência de absorção do N na forma amoniacal, que predomina em solos anaeróbicos (LEMOS et al., 1999). Essa condição é totalmente inversa à encontrada por plantas de arroz cultivadas em sistema de terras altas, as quais absorvem em maior quantidade, o N na forma de nitrato, sendo a R.N de fundamental importância para a cultura de arroz cultivada nesse meio, dessa forma é de extrema necessidade testes nos quais

se aplica tratamentos que podem melhorar a atividade da RN, visando ganhos nas lavouras de arroz de terras altas.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência da atividade da enzima redutase do nitrato em resposta as diferentes, com doses e fontes de nitrogênio no arroz de terras altas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado nas coordenadas geográficas: Latitude 21° 14' S. Longitude 45° 00' W, e altitude média de 920 metros, durante dois anos agrícolas (ano agrícola 1 2015/2016 e ano agrícola 2 2016/2017). O tipo de solo do local do experimento é o Latossolo Vermelho-Amarelo, sendo a análise química e física do ano agrícola 1 e 2 apresentadas nas Tabelas 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1 – Análise química e física do solo, da área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na safra agrícola 1 (2015/2016).

pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
	-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----		cmol _c /dm ³	
5,9	80,76	8,38	-	2,64	0,70	0,10	2,54
SB	t	T	V	m	MO	P-rem	Zn
	-----cmol _c /dm ³ -----		-----%-----		dag/kg	mg/L	mg/dm³
3,55	3,65	6,09	58,24	2,74	1,70	27,66	3,87
Fe	Mn	Cu	B	S	Argila	Silte	Areia
	-----mg/dm ³ -----				-----dag/kg-----		
96,39	24,01	0,69	0,08	18,70	45	31	46

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 2 – Análise química e física do solo, da área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na safra agrícola 2 (2016/2017).

pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
	-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----		cmol _c /dm ³	
5,8	155,62	42,62	-	3,01	0,84	0,11	3,82
SB	t	T	V	m	MO	P-rem	Zn
-----cmol _c /dm ³ -----			-----%-----	dag/kg		mg/L	mg/dm ³
4,25	4,36	8,07	52,65	2,52	2,37	28,26	4,88
Fe	Mn	Cu	B	S	Argila	Silte	Areia
-----mg/dm ³ -----				-----dag/kg-----			
53,52	14,40	0,25	0,03	7,19	58	5	39

Fonte: Do autor (2018).

Anterior ao plantio realizou-se o preparo convencional do solo, nos dois anos agrícolas. Utilizou-se a linhagem 1509 do VCU do programa de melhoramento de arroz de terras altas da UFLA, que apresenta alta homozigose, não correndo o risco de influenciar os resultados por fatores genéticos.

A densidade de semeadura empregada foi de 80 sementes por metro linear nos experimentos dos dois anos agrícolas, sendo a adubação de plantio feita com 450 kg de 04-14-08 ha⁻¹ almejando uma produtividade de 4 t ha⁻¹ de arroz.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados (DBC) com três repetições. Cada parcela foi constituída de 4 linhas com 3 metros de comprimento por 0,35 entre linhas, sendo a retirada de material para análise em laboratório, apenas nas 2 linhas centrais. Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial 4x4, totalizando 16 tratamentos. O primeiro fator foi doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 2000 kg N ha⁻¹) sendo o segundo fontes de nitrogênio (uréia (U), sulfato de amônio (AS), nitrato de amônio (NA) e policote (PC)).

Os tratamentos foram aplicados aos 25 dias após a emergência (DAE) e 29 DAE no primeiro e segundo ano agrícola respectivamente. Manejos fitotécnicos feitos nas safras foram: controle de daninhas (químico: pré: Pendimenthalin (Herbadox[®]) e pós: Metsulfuron-methyl (Ally[®]); físico: capina manual).

Avaliou-se a atividade da redutase do nitrato *in vivo* no ano agrícola 1 em cada parcela aos: 7, 14, 30, 35 e aos 42 dias após a aplicação do tratamento (DAA) e aos 32, 39, 55, 60 e

67 dias após a emergência (DAE). No ano agrícola 2 aos: 11, 20 e 50 DAA, e aos 30, 40, 50 e 60 DAE.

A avaliação dessa enzima é feita *in vivo*, em laboratório, utilizando-se o método descrito por Radin (1973), que se baseia que a quantidade de nitrito liberada por fragmentos de tecidos vivos em um tampão na presença de um agente permanente e do substrato reflete a atividade potencial da redutase *in situ*. A rotina seguida em laboratório foi:

- a) coleta de material vegetal (folhas) em campo, entre 9h e 10h, em situação de pleno sol, reservando em caixas térmicas com gelo até chegada em laboratório;
- b) picar e pesar 500 mg de cada parcela;
- c) inserir solução estoque (4,95 mL de tampão fosfato de potássio 100mM pH 7,5; 0,05 mL de N-porpanol e 0,05g de KNO₃ 100 Mm);
- d) infiltrar as amostras a vácuo durante um minuto e repetir o processo uma vez;
- e) incubar em banho-maria a 30 °C as amostras por 40 minutos, no escuro;
- f) retirar alíquota de 37 µL do meio de incubação e adicionar ao meio de reação (75 µL de Sulfanilamida (1% em HCl 1,5 N), 75 µL de N-2-naftil etileno 0,02% e 112 µL de água destilada) em placa visível de fundo redondo.
- g) analisar no ELISA;
- h) descontar o branco e inserir resultados em uma planilha do Excel na qual é feita todas as transformações necessárias utilizando-se reta padrão de nitrito de sódio na planilha, para assim obter-se o resultado final da análise da atividade da redutase do nitrato, expresso na unidade mmol NO₂ mg⁻¹ MF hora⁻¹.

Os dados foram analisados no Sisvar (FERREIRA, 2011) por meio de parcelas subdivididas no tempo, pois as avaliações ocorrem em dias distintos após a aplicação do tratamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações do ano agrícola 1 foram feitas aos 7 DAA; 14 DAA; 30 DAA; 35 DAA e aos 42 DAA. Após as coletas de dados e feita a análise de cada época diferente, observou-se que não houve diferença significativa a 5% de probabilidade nas fontes de variação: Dose de nitrogênio (D.N); e Interação D.N com F.N (D.N x F.N) em nenhuma avaliação, porém, encontrou-se significância em fonte de nitrogênio (F.N) aos 7 DAA (TABELA 1).

Tabela 1 – Análise de variância da atividade da redutase do nitrato medida aos 7, 14, 30, 35 e 42 DAA dos tratamentos. Safra 15/16. Universidade Federal de Lavras (UFLA) 2018.

Fv	GL	Pr > Fc (7 DAA)	Pr > Fc (14 DAA)	Pr > Fc (30 DAA)	Pr > Fc (35 DAA)	Pr > Fc (42 DAA)
D.N	3	0,3959 ns	0,609 ns	0,615 ns	0,362 ns	0,146 ns
Bloco	2	0,9185 ns	0,182 ns	0,095 ns	0,437 **	0,907 ns
Erro 1	6					
F.N	3	0,0536 **	0,546 ns	0,560 ns	0,506	0,938 ns
D.N x F.N	9	0,1778 ns	0,862 ns	0,420 ns	0,1586	0,558 ns
Erro 2	24					
Total	47					
Acurácia 1						
%		97,47	98,33	98,37	97,23	93,15
Acurácia 2						
%		98,13	98,16	98,21	98,02	98,93

Fonte: Do autor (2018).

Resultados não significativos estatisticamente para a atividade da R.N, contendo tratamentos com N, também foram encontrados em leguminosas (feijão-caupi), dados esses apresentados no artigo de Aragão et al. (2010). Resultados similares foram apresentados no trabalho com gramínea (milho), o qual os autores não obtiveram resultados significativos com a aplicação isolada de N, mas obteve-se bons resultados quando se aplicou 100 kg ha⁻¹ de N juntamente com 40 kg ha⁻¹ de potássio (K) (SILVA et al., 2011).

Ao avaliar o resultado significativo para F.N, observou-se que a ureia estimulou uma maior atividade da redutase do nitrato aos 7 DAA quando comparada com as demais fontes (TABELA 2). Esse resultado pode estar ligado à forma do N que a ureia apresenta, que é altamente disponível para absorção das plantas e a perdas para o ambiente, como volatilização e lixiviação. Fageria, Santos e Cutrim (2007) trabalhando com doses de N e cultivares de arroz, obtiveram resultados positivos na produtividade utilizando uréia como fonte de N.

Tabela 2 – Teste de Scott-Knott para atividade da redutase do nitrato aos 7, 14, 30, 35 e 42 DAA por tipos de nitrogênio, safra 15/16. Universidade Federal de Lavras 2018.

Tratamentos	Médias 7 DAA	Médias 14 DAA	Médias 30 DAA	Médias 35 DAA	Médias 42 DAA
Uréia (U)	1,527 a	0,660 a	0,274 a	0,556 a	0,305 a
Nitrato de amônio (N.A)	1,039 b	0,455 a	0,168 a	0,559 a	0,268 a
Sulfato de amônio (S.A)	1,065 b	0,563 a	0,204 a	0,438 a	0,299 a
Policote (PC)	1,082 b	0,433 a	0,283 a	0,583 a	0,290 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2018).

No ano agrícola 2, avaliou-se a atividade da R.N aos 11, 20 e 50 DAA, assim como no ano agrícola 1, não se obteve resultados significativos a 5 % de probabilidade (TABELA 3).

Toledo et al. (2010), trabalhando com a R.N em soja não encontraram relação entre a atividade da enzima com o teor de N acumulado pela planta, sendo um indicativo o qual a R.N pouco influi nas características dessa cultura, o mesmo podendo ocorrer para a cultura do arroz de terras altas.

Trabalhos publicados indicam que a eficiência da atividade da redutase do nitrato pode estar associada a fatores genéticos, pois, Justino et al. (2006), trabalhando com duas cultivares de arroz distintas, observaram uma maior eficiência dessa enzima na cultivar Fernandes, quando comparada com a Maravilha. Continuando, o autor também expõe que a cultivar Fernandes é mais eficiente na absorção de nitrogênio do que a Maravilha. Comparando com os dados do presente trabalho, pode-se discutir que ao utilizar apenas uma linhagem, essa possui, independente da dose aplicada e da fonte oferecida, a mesma taxa de absorção de N bem como a mesma atividade da redutase do nitrato, não respondendo aos tratamentos de forma significativa após a análise estatística.

O trabalho dos autores citados, que associam a eficiência de absorção de N de uma cultivar de arroz, com a eficiência da atividade da redutase do nitrato, juntamente com os resultados obtidos com o presente trabalho, o qual não tem influência de doses e fontes de N na atividade da redutase do nitrato, leva ao pensamento fisiológico de que a eficiência da enzima está associada a seu trabalho na conversão de nitrato a nitrito, para posterior transformação a amônio, em outras palavras, ela só irá apresentar altos valores em testes, se a planta estiver absorvendo em grandes quantidades nitrato, para que assim, a enzima realize a conversão.

Pode-se citar também o trabalho de Fageria et al. (2007), que trabalharam com cinco doses médias de N, avaliando a produtividade de 12 cultivares diferentes. Obtiveram valores extremos de produtividade de 5.557 kg ha⁻¹ na cultivar BRS Guara e de 3.778 kg ha⁻¹ na BRS Jaburu, colocando em sua discussão, que na mais produtiva, observou-se maior porcentagem de absorco de N. Oliveira et al. (2013) trabalhando com milho, observaram que a R.N não associasse com um alto aproveitamento de N.

Tabela 3 – Análise de variância da atividade da redutase do nitrato medida aos 20 DAE, 11 e 20 DAA dos tratamentos e no Florescimento do arroz. Safra 16/17. Universidade Federal de Lavras (UFLA) 2018.

Fv	GL	Pr > Fc (11 DAA)	Pr > Fc (20 DAA)	Pr > Fc (50 DAA)
D.N	3	0,678 ns	0,227 ns	0,711 ns
Bloco	2	0,116 ns	0,447 ns	0,010 *
Erro 1	6			
F.N	3	0,859 ns	0,633 ns	0,247 ns
D.N x F.N	9	0,522 ns	0,986 ns	0,778 ns
Erro 2	24			
Total	47			
Acurácia 1				
%		98,52	95,59	98,59
Acurácia 2				
%		98,83	98,42	95,95

Fonte: Do autor (2018).

Na literatura, expo-se que as plantas de arroz de terras altas, possuem baixa atividade da R.N em seus estágios iniciais, independente de qualquer tratamento (ARAÚJO et al., 2012). Assim, no presente trabalho, avaliou-se a atividade da R.N ao longo do desenvolvimento da planta de arroz, sem nenhum tratamento.

No primeiro e segundo ano agrícola, se obteve resultados significativos na fonte de variao dias após a emergência, sendo as maiores atividades da R.N nas avaliaoes iniciais (períodos juvenis), decrescendo com a maturidade das plantas de arroz (TABELA 4).

Prosseguindo-se com a análise de Regressão linear para ambos anos agrícolas, observa-se que quanto mais jovem a planta de arroz, maior  o valor da sua atividade de R.N, contrariando o clássico trabalho de Araújo et al. (2012) (FIGURA 1). Similar ao resultado

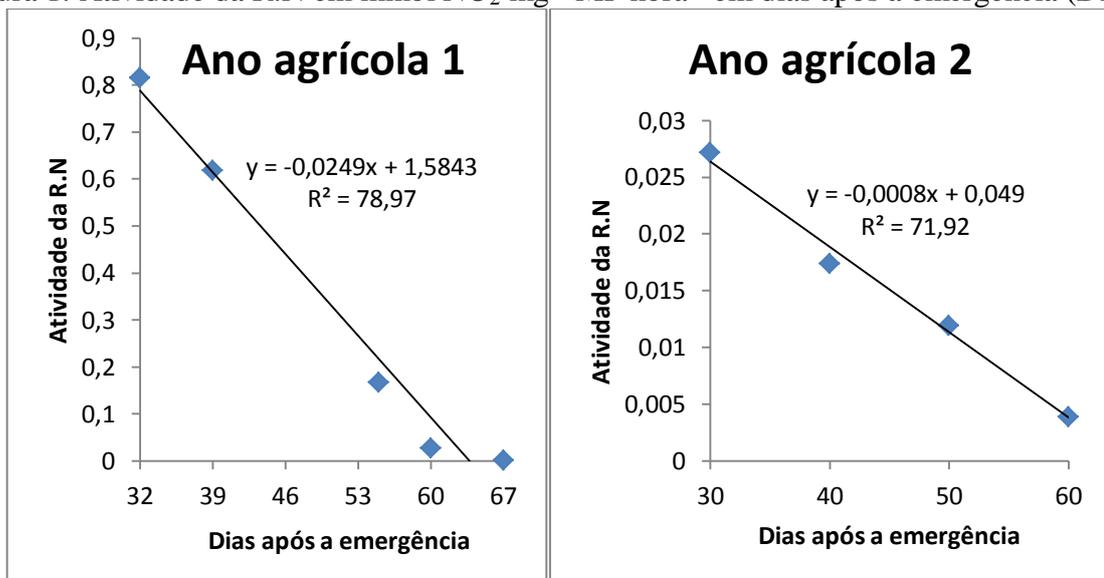
obtido, Santos et al. (2014) trabalhando com cana-de-açúcar, observou maiores atividade da R.N analisadas *in vivo* na fase mais juvenil das plantas de cana-de-açúcar, quando comparadas com a época de maturação das mesmas.

Tabela 4 – Análise de variância de dias após emergência (DAE), ano agrícola 1 (15/16) e ano agrícola 2 (16/17). Universidade Federal de Lavras (UFLA) 2018.

Ano agrícola 1 (2015/2016)						Ano agrícola 2 (2016/2017)				
Fv	G L	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	G L	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
DAE	4	10,328	2,582	44,97 8	0,000 **	3	0,007	0,002	6,160	0,001 **
Bloco	2	0,263	0,131	2,289	0,111 ns	2	0,002	0,000	2,340	0,108 ns
Erro	5 3	3,042	0,057			4 2	0,017	0,000		
Total	5 9	13,633				4 7	0,026			
Acurá- cia %		82,11					83,28			

Fonte: Do autor (2018).

Figura 1: Atividade da R.N em $\text{mmol NO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ MF hora}^{-1}$ em dias após a emergência (DAE).



Assim, conclui-se que diferentes doses e fontes de N não influenciam estatisticamente na atividade da redutase do nitrato em plantas de arroz de sequeiro após testes *in vivo* em

laboratório, mas, que provavelmente, o genótipo de cada cultivar varia em sua eficiência de absorção de N que, conseqüentemente, influenciará a atividade da redutase do nitrato. A atividade da redutase do nitrato é mais elevada no período juvenil das plantas de arroz de terras altas, decaindo com a maturidade dessas plantas.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, R.M. et al. Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade. **Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 100-106, 2010.
- ARAÚJO, J. L. et al. Crescimento e produção do arroz sob diferentes proporções de nitrato e de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, 2012.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas**. princípios e perspectivas. Londrina: Planta, 2006.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos; CUTRIM, V. dos. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciados pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, jul. 2007.
- FATIBELLO-FILHO, O.; VIEIRA, I. da. Uso analítico de tecidos e de extratos brutos vegetais como fonte enzimática. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 455-464, 2002.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, 2000.
- JUSTINO, G. C. et al. Uptake and reduction of nitrate in two rice cultivars in the presence of aluminum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 8, p. 1285-1290, 2006.
- LEMONS, G.B. et al. **Atividade das enzimas de assimilação do nitrogênio em plantas jovens de seringueira cultivadas com diferentes relações de nitrato e amônio**. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE), 1999.
- OLIVEIRA, L. R. de et al. Eficiência na absorção e utilização de nitrogênio e atividade enzimática em genótipos de milho. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 614-621, set. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902013000300025&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 out. 2018.
- RADIN, J.W. *in vivo* assay of nitrate reductase in cotton leaf discs. **Plant Physiology**, v.51, n. 2, p. 332-336, 1973.
- SANTOS, C.L.R. dos et al. Otimização da análise da atividade da reductase do nitrato e sua caracterização em folhas de cana-de-açúcar. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 49, n. 5, p. 384-394, maio 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014000500384&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 out. 2018.

SILVA, S. M. da et al. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1931-1937, nov. 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. São Paulo, Artmed, 2013. 918 p.

TOLEDO, M. Z. et al. Nodulação e atividade da nitrato redutase em função da aplicação de molibdênio em soja. **Bioscience Journal**, Uberlandia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), v. 26, n. 6, p. 858-864, 2010.