



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

HECTOR AUGUSTO SANDOVAL CONTRERAS

**FONTES, DOSES E EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE
FERTILIZANTES NITROGENADOS NO CULTIVO DO ARROZ
DE SEQUEIRO**

Londrina
2016

HECTOR AUGUSTO SANDOVAL CONTRERAS

**FONTES, DOSES E A EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE
FERTILIZANTES NITROGENADOS NO CULTIVO DO ARROZ
DE SEQUEIRO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito.

Londrina
2016

C764F Contreras, Hector Augusto Sandoval.

Fontes, doses e a eficiência agrônômica de fertilizantes nitrogenados no cultivo do arroz de sequeiro / Hector Augusto Sandoval Contreras. – Londrina, 2016.
55 f. il.

Orientador: Osmar Rodrigues Brito.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Arroz de sequeiro - Cultivo. - Teses. 2. Arroz - Adubos e fertilizantes. – Teses. 3. Fertilizantes nitrogenados. - Teses. 1. Brito Osmar Rodrigues. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 633.18

HECTOR AUGUSTO SANDOVAL CONTRERAS

**FONTES, DOSES E A EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE
FERTILIZANTES NITROGENADOS NO CULTIVO DO ARROZ DE
SEQUEIRO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Hideaki Wilson Takahashi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 25 de fevereiro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e amigo professor Doutor Osmar Rodrigues Brito pelos ensinamentos durante o desenvolvimento desta pesquisa e pela amizade que se formou.

A todos os professores e pesquisadores que ajudaram na minha pesquisa de alguma forma

Ao programa de Pós-graduação em agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, pela oportunidade de realizar o mestrado.

A CAPES, pela bolsa concedida.

A todos os colegas de laboratório, que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina.

Aos meus colegas de curso de Pós-graduação, pela amizade.

Ao meu amigo Cesar Isepan (*in memoriam*) pela ajuda no trabalho.

Aos familiares que me deram força, coragem e esperança para ter sucesso neste projeto de vida. À minha esposa Gleydis Espinel e ao meu filho Esteban M. Sandoval. Em especial agradeço a minha mãe pela força, esperança e amor, e ao meu pai (*in memoriam*) pelo grande exemplo de vida.

CONTRERAS, Hector Augusto Sandoval. **Fontes, doses e a eficiência agrônômica de fertilizantes nitrogenados no cultivo do arroz de sequeiro**, 2016. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

O arroz é uma cultura importante para o mundo e para o Brasil, porque provém fonte de energia e vitaminas para alimentação e nutrição humana. O crescimento regular das populações gera sempre aumentos da demanda por alimentos, ocupação de novas áreas de cultivo e produtividade das culturas. Como consequência imediata, no caso do cultivo de arroz, há aumentos na demanda por fertilizantes nitrogenados. As principais fontes de nitrogênio (N) utilizadas nessa cultura são a ureia e o sulfato de amônio. A eficiência das fontes de N na cultura de arroz é considerada baixa, ficando próximo de 50%, pois grande parte do N aplicado se perde por volatilização, desnitrificação ou lixiviação, aumentando os custos de produção e as possibilidades de contaminação ambiental. Dessa forma o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de fontes, doses e a eficiência agrônômica da fertilização nitrogenada no cultivo do arroz de sequeiro. O experimento foi conduzido em ambiente protegido em casa de vegetação na Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, utilizando vasos plásticos com capacidade para 8,0 kg de terra, coletada da camada superficial (0-20 cm) de uma área de Latossolo Vermelho eutrófico, textura argilosa da Fazenda Escola da UEL. O cultivar de arroz utilizado foi IAPAR 117. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos avaliados resultaram de um fatorial 3x5, em que os fatores foram três fontes de N (ureia, sulfato de amônio e sulfammo) e cinco doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹). As seguintes variáveis foram avaliadas: número de perfilhos, altura das plantas, produção de massa seca da parte aérea (MSPA), produção de grãos, conteúdo de nitrogênio na MSPA, índice de coleta de grãos e a eficiência agrônômica das fontes de nitrogênio. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ou ajustadas a equações de regressão polinomial, utilizando o programa SISVAR- v. 5.3. A aplicação de sulfato de amônio resultou em maiores incrementos no número de perfilhos, altura das plantas, massa seca da parte aérea e produtividade da cultura. A maior eficiência agrônômica das fontes foi obtida com ureia e sulfammo para o cultivo do arroz de sequeiro, cultivar IAPAR 117, entretanto esta decresce com o aumento das doses aplicadas. O sulfammo aumenta a massa de grãos cheios, mas não influencia a produtividade da cultura de arroz de sequeiro.

Palavras chave: Terras altas. Amônio. Adubação nitrogenada. *Oryza sativa* L.

CONTRERAS, Hector Augusto Sandoval. **Sources, rates and agronomic efficiency of nitrogen fertilizers in upland rice culture.** 2016. 55 p. Dissertation (Master degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

Rice is an important crop for world and Brazil, because it is a source of energy and vitamins for food and human nutrition. The steady growth of human population always generates increases for the demand of food, occupation of new areas and cultivation or crop yield, As an immediate consequence, in the case of rice cultivation, it raises the demand for nitrogen fertilizers. The main sources of nitrogen (N) used on this crop are urea and ammonium sulfate. The efficiency of the N sources in rice culture is considered low, being around 50%, because much of the N applied is lost by volatilization, denitrification or leaching, increasing production costs and environmental contamination possibilities. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of sources, doses and agronomic efficiency of nitrogen fertilization in rainfed rice cultivation. The experiment was carried out in a protected environment of a greenhouse at the State University of Londrina (UEL), Londrina, PR, using plastic pots with a capacity of 8.0 kg of soil, collected from the surface layer (0-20 cm) of an area with clayey Typic eutroferric oxisol, in the Farm School of UEL. The rice genotype IAPAR 117. Was grown in a design with four replications. The treatments resulted from a factorial 3x5 with three sources of N (urea, ammonium sulfate, sulfammonium) and five N rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹). The following variables were evaluated: number of tillers, plant height, dry matter production of shoot (DMPS), grain yield, nitrogen content in the MSPA, grain collection rate and agronomic efficiency of nitrogen sources. The data were submitted to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5% probability or adjusted polynomial regression equations using the SISVAR- v.5.3 software. The ammonium sulphate application resulted in major increases of the number of tillers, plant height, DMPS and crop yield. Most agronomic efficiency of the sources was obtained with urea and sulfammonium for rainfed rice cultivation, IAPAR 117, however this decreases with increasing the doses applied. The sulfammonium increases the mass of filled grains, but does not influence the yield of upland rice crop.

Key-words: Upland. Ammonium. Nitrogen fertilization. *Oryza sativa* L.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Atributos químicos da terra utilizada no experimento	24
Tabela 2 -	Adubação com enxofre e micronutrientes.....	25
Tabela 3 -	Número de perfilhos/vaso das plantas de arroz de sequeiro cv Iapar-117 em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio	28
Tabela 4 -	Altura média das plantas de arroz de sequeiro (cm) cv. Iapar-117, em função das fontes e doses de nitrogênio	30
Tabela 5 -	Produção média de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de arroz de sequeiro (g/vaso), cv. Iapar-117, em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio.....	32
Tabela 6 -	Produção média de massa seca de grãos cheios (MSGC) das plantas de arroz de sequeiro (g/vaso) do cv. Iapar-117, em função das diferentes fontes e doses de nitrogênio.....	34
Tabela 7 -	Acúmulo de N (mg/vaso) na massa seca da parte aérea (folhas e colmos) da planta de arroz de sequeiro cv. Iapar- 117, em função das fontes e doses de nitrogênio.....	36
Tabela 8 -	Massa de 100 grãos (g) das plantas de arroz de sequeiro Iapar-117, em função das diferentes doses de nitrogênio	37
Tabela 9 -	Eficiência agronômica (EA) das fontes de o nitrogênio (%) para plantas de arroz de sequeiro do cv. Iapar-117, em função das diferentes fontes de nitrogênio	38
Tabela 10 -	Índice de colheita de grãos (ICG) das plantas de arroz de sequeiro do cv. Iapar-117 em função das diferentes fontes de nitrogênio	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Número de perfilhos das plantas de arroz de sequeiro cv.lapar-117 (total/vaso), em função das fontes e doses de nitrogênio	29
Figura 2 -	Altura média das plantas das plantas de arroz de sequeiro cv.lapar-117 (total/vaso), em função das fontes e doses de nitrogênio	31
Figura 3 -	Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de arroz de arroz sequeiro cv. lapar-117 (g/vaso) em função das fontes e doses de nitrogênio.....	33
Figura 4 -	Massa seca de grãos cheios (MSGC) das plantas de arroz de arroz sequeiro cv. lapar-117 (g/vaso), em função das doses e fontes de nitrogênio	35
Figura 5 -	Conteúdo de N na massa seca da parte aérea (folha e colmos) das plantas de arroz de sequeiro cv. lapar-117 (mg/vaso), em função das fontes e doses de nitrogênio.....	34
Figura 6 -	Variação da massa seca de 100 grãos de arroz de sequeiro cv lapar-117 (g/ vaso), em função das doses de nitrogênio.....	36
Figura 7 -	Eficiência agrônômica (EA) das fontes de nitrogênio (%) para plantas de arroz de sequeiro do cv. lapar-117, em função das fontes e doses de nitrogênio	39
Figura 8 -	Índice de colheita de grãos (ICG) das plantas de arroz de arroz sequeiro cv. lapar-117, em função das doses de nitrogênio	41

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	11
2.1	Exigências climáticas pelas plantas de arroz	11
2.1.1	Fases fisiológicas da planta de arroz	11
2.2	O nitrogênio como nutriente em plantas	13
2.2.1	Nitrogênio no solo	14
2.2.2	Absorção de nitrogênio pelas plantas	15
2.2.3	Fontes de nitrogênio para a cultura de arroz	16
2.3	O Arroz de sequeiro	17
3	ARTIGO A: Eficiência de fontes e doses de nitrogênio em plantas de arroz de sequeiro	20
3.1	INTRODUÇÃO	22
3.2	MATERIAIS E METODOS	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Número de perfilhos	28
4.2	Altura de plantas	30
4.3	Massa seca de parte aérea	31
4.4	Produção de grãos cheios	33
4.5	Conteúdo de nitrogênio na massa seca de parte aérea	35
4.6	Massa de 100 grãos	36
4.7	Eficiência agronômica	38
4.8	Índice de colheita de grãos	39
5	CONCLUSÕES E CONCLUSÕES GERAIS	42
	ANEXOS	43
	ANEXO A - Estado Final do Experimento com Sulfato de Amônio.....	44
	ANEXO B - Estado Final do Experimento com Sulfammo.....	45
	ANEXO C - Estado Final do Experimento com Uréia	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um dos alimentos mais consumidos pela maioria dos povos, e é de grande importância mundial tanto no aspecto social como econômico. Atualmente a produção mundial de arroz se encontra distribuída da seguinte forma: Ásia = 91,1%, África = 3,2%, América = 5,1%, Europa = 0,5% e Oceania = 0,02% (NAYAR, 2014).

O Brasil destaca-se como grande produtor com 2,3 milhões de hectares de área cultivada e produção anual de cerca de 12 milhões de toneladas (IBGE, 2015), incluindo áreas com diferentes sistemas de manejo como cultivo de sequeiro (arroz de terras altas) e cultivo de várzeas (AZAMBUJA et al., 2004). No entanto, nos últimos anos as áreas cultivadas com arroz de sequeiro sofreram grandes reduções devido ao alto risco, desestimulando os produtores. No Estado de Paraná, especificamente, segundo o LSPA (2011) e o IBGE (2015), a área de cultivo com arroz teve uma diminuição de 11 mil hectares entre os anos de 2011 e 2015, afetando assim a produção estadual e nacional.

O arroz de sequeiro normalmente é semeado em solos de baixa fertilidade e de elevada saturação por alumínio, o que leva à necessidade de correções da acidez e demanda altos níveis de fertilização nitrogenada (FAGERIA; BALIGAR, 2005). O nitrogênio, por ser um nutriente essencial ao desenvolvimento e crescimento das plantas, promove aumento no número de perfilhos e de espiguetas, número e massa de grãos e conseqüentemente da produtividade da cultura. No entanto quando o nitrogênio é fornecido em altas doses, pode reduzir a produtividade da cultura do arroz, uma vez que aumenta a suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças, além de favorecer o acamamento ou tombamento das plantas.

O manejo adequado da adubação nitrogenada é importante para manter a competitividade e a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola. No caso do cultivo do arroz de sequeiro, o manejo nutricional, depende de adequações em função da ocorrência e distribuição das chuvas, que podem afetar tanto a produtividade da cultura como as perdas de nitrogênio por volatilização e lixiviação (FAGERIA; SANTOS; STONE, 2003).

Essas perdas fazem com que a eficiência de recuperação do nitrogênio em cereais seja baixa (< 50%) FAGERIA; BALIGAR (2005). Em razão disso, Stone e

Da Silva (1998) recomendam para o cultivo de arroz de sequeiro parcelar a adubação nitrogenada, aplicando-se apenas 1/3 da quantidade recomendada na semeadura e os outros 2/3 em cobertura no início da fase reprodutiva, visando aumentar o aproveitamento do nitrogênio aplicado.

Para Fageria et al. (2011) as fontes de nitrogênio mais utilizadas na cultura de arroz irrigado e sequeiro são a ureia e o sulfato de amônio. Mais recentemente a utilização de fontes de liberação lenta têm favorecido a absorção de N e aumentado a produtividade da cultura de arroz.

Em vista disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos de fontes, doses e a eficiência agrônômica de fertilizantes nitrogenados na cultura do arroz de sequeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Exigências climáticas da planta de arroz

O arroz é uma gramínea anual adaptada para exploração sob diferentes sistemas de cultivo, como sequeiro (terras altas) e áreas de várzeas ou alagadas. O ciclo de vida médio das cultivares atualmente utilizadas pode variar de 3 a 6 meses (FAGERIA; NUPP, 2013). O arroz é cultivado predominantemente em regiões tropicais e subtropicais, mas em regiões que apresentam temperaturas abaixo das ótimas podem ocorrer atrasos no desenvolvimento das plantas, bem como reduzir a produtividade da cultura.

Temperaturas baixas em diferentes fases da cultura diminuem a germinação e o crescimento das plantas, porém quando ocorre no estágio de floração, afeta também a polinização e os processos reprodutivos, produzindo degeneração das espigas e aumento na esterilidade das espiguetas (CRUZ; MILLACH; FEDERIZZI, 2006). Para Ferraz (1983), variações de temperatura que ocorrem no estágio reprodutivo das plantas de arroz, afetam a fecundação do óvulo, uma vez que temperaturas abaixo de 12 °C, durante sete dias, podem esterilizar 100% dos grãos de pólen.

Segundo Yoshida (1973), sob temperaturas entre 22 e 31 °C o crescimento da planta de arroz se dá de forma normal e linear. Para Vargas (1985) e Streck et al. (2007), temperaturas altas aceleram a formação de novas folhas e aumentam o número de perfilhos, porém sob condições de baixa radiação solar os perfilhos não se desenvolvem adequadamente e diminuem o número de espiguetas formadas.

Da mesma forma, Vargas (1985) verificou que a massa de 1000 grãos diminuiu quando as plantas de arroz foram expostas a temperaturas entre 24 e 28 graus no período de floração. Por outro lado, Ferraz (1983) observou que a temperatura de 29 °C na fase de amadurecimento não interferiu na produção do arroz.

2.1.1 Fases fisiológicas da planta de arroz

O crescimento da planta de arroz é um processo fisiológico contínuo, desde a germinação até a maturação dos grãos. O ciclo da planta tem duração média que varia entre 90 e 150 dias, dependendo da cultivar considerada.

A fase vegetativa se inicia com a germinação, passa pelo perfilhamento e se estende até o aparecimento dos primórdios florais (GUIMARÃES, FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2002). Para aumentar e obter um perfilhamento vigoroso o teor foliar de nitrogênio deve ficar acima de 3,5% (FAGERIA, 1984). Para Silva et al. (2007) e para Scivittaro e Machado (2004) é no período de perfilhamento que ocorre a maior absorção de nitrogênio, que irá influenciar diretamente a definição do número de panículas por unidade de área de cultivo.

Autores como Fageria, Moreira e Coelho (2011) e Fageria e Knupp (2013) argumentam que a adubação nitrogenada aumenta a densidade de perfilhos por área e produtividade da cultura. De forma semelhante Farinelli et al. (2004) observaram que o incremento nas doses de nitrogênio diminuiu o número de espiguetas estéreis e aumentou a quantidade de grãos cheios.

A fase reprodutiva das plantas de arroz estende-se do início da formação dos primórdios florais até o florescimento pleno, com duração média de 35 dias em ambientes tropicais (STRECK et al., 2006). Nesta fase ocorre a definição do número de espiguetas, e a planta fica muito sensível às baixas temperaturas, radiação solar e à deficiência de nitrogênio (FAGERIA, 1984).

O suprimento adequado de nitrogênio nesta fase irá influenciar o número de grãos por panícula e, portanto, esta é considerada como a fase ideal para realização das adubações nitrogenadas de cobertura na cultura de arroz (LOPES et al., 1993).

Para Contreras et al. (2012) o manejo adequado da adubação nitrogenada é importante para incrementar a eficiência de recuperação do N aplicado e aumentar a produtividade da cultura de arroz. Fabre et al. (2011) e Fidelis et al. (2012), que trabalharam com diferentes cultivares de arroz de sequeiro e incrementos nas doses de nitrogênio, observaram aumentos no número de grãos e na produtividade da cultura.

A planta de arroz tem duração média de 30 a 35 dias na produção dos grãos, e a adubação nitrogenada tem uma grande influência sobre a qualidade, quantidade dos grãos de arroz, além de efeitos sobre as características de translucidez, cor e teor de proteína. Em sistemas de produção a oferta e a demanda de nitrogênio da cultura às vezes requer várias aplicações, como uma cobertura no perfilhamento e no final de estágio de florescimento, resultando em aumento na produção de

proteína e redução ou aumento no período de enchimento de grão cheio (FAGERIA, 1984; VARGAS, 1985; BLUMENTHAL et al., 2008).

2.2 O nitrogênio como nutriente das plantas

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade e também o que mais limita o crescimento das plantas. É o elemento mais abundante da atmosfera (78%), porém não pode ser aproveitado pela maioria das plantas cultivadas, ficando disponível apenas para aquelas que realizam simbiose com microrganismos fixadores (FAGERIA, 2013).

De maneira geral as gramíneas, como o arroz, dependem do fornecimento de nitrogênio na forma de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), via utilização de fertilizantes orgânicos ou minerais (LOPES et al., 2013)

Em situações de deficiência de nitrogênio ocorrem restrições no crescimento e desenvolvimento do sistema de raízes e da parte aérea das plantas de arroz, reduzindo a área foliar, o número de perfilhos, a fertilidade e número de espiguetas e a massa dos grãos produzidos (FAGERIA; BALIGAR 2005). A interação destes efeitos resulta em drástica redução da produtividade da cultura (FREITAS et al., 2007).

Da quantidade total de nitrogênio aplicado via adubação, apenas 40 a 50% é utilizada pela cultura (FAGERIA; BALIGAR 2005; MARSCHNER, 2011). O restante sendo perdido por processos de lixiviação, volatilização e desnitrificação, podendo gerar poluição ambiental.

Nos sistemas naturais o nitrogênio é liberado após a decomposição da matéria orgânica pela ação dos organismos vivos do solo, mas depende do tipo e qualidade do material adicionado, da sequência de culturas adotada e da forma de manejo do solo. Por outro lado, a velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos para liberação do nitrogênio depende também das condições ambientais de clima, umidade e da atividade biológica dos solos (SOUZA; FERNANDES, 2006). Os resíduos liberam nitrogênio e outros componentes simples durante o processo de decomposição. Entretanto, parte do N liberado retorna à atmosfera, parte é imobilizada pelos microrganismos e outra parte permanece prontamente disponível para as plantas ou é perdida por lixiviação.

2.2.1 Nitrogênio no solo

Os solos brasileiros, principalmente os da região dos cerrados normalmente apresentam baixa fertilidade natural, baixos teores de matéria orgânica e altas concentrações de alumínio trocável. Esses fatores contribuem para diminuir o crescimento do sistema radicular das plantas e reduzir a absorção dos nutrientes naturais ou fornecidos via fertilização mineral e orgânica (FAGERIA et al., 2014; LANNA et al., 2010).

No solo a maior parte do N (> 85 %) está na fração orgânica e para que possa ser absorvido pelas plantas há necessidade da mineralização (COSTA JUNIOR et al., 2011).

Outro processo importante é a fixação biológica do nitrogênio, acessível às plantas que apresentam capacidade de se associar simbioticamente com microrganismos do solo, tornando-se capazes de fixar o N₂ atmosférico e minimizar ou eliminar a necessidade das adubações nitrogenadas.

A eliminação da adubação nitrogenada já é uma realidade para a cultura da soja, e resultados promissores já foram obtidos para o milho e para cana de açúcar (JUNIOR et al., 2000; ALVES et al., 2006). Entretanto para o arroz, ainda não se tem resultados ótimos nas estirpes, considerando-se que não é possível fazer generalização quanto ao uso de bactéria em genótipos de arroz (BALDANI, BALDANI e DÖBEREINER 2000; FERREIRA et al., 2003; RODRIGUES et al., 2008).

No solo o nitrogênio é transportado principalmente por fluxo de massa (cerca de 90%) facilitando as perdas para camadas mais profundas, pelo processo de lixiviação. Para Fageria e Baligar (2005), aproximadamente 50% da quantidade de N aplicada via fertilizantes inorgânicos é absorvida pelas culturas, o restante é imobilizado pelos microrganismos ou perdido por diversos processos que inclui lixiviação, desnitrificação e volatilização de amônio. De acordo com Sangoi et al. (2003) as perdas por lixiviação são maiores em solos arenosos que em argilosos, devido a problemas de infiltração, porosidade excessiva e muito baixa capacidade de retenção do nitrato e amônio pelas partículas do solo.

Nos diferentes sistemas de cultivo de arroz (sequeiro ou inundação), o fornecimento de N via adubação é fundamental para garantir a expressão do potencial produtivo das cultivares explorados economicamente (KRONZUCKER et

al., 1998), mas está sempre associado às perdas de nitrogênio que variam com o tipo de solo, fontes, doses e formas de aplicação do mesmo (LOPES et al., 2013).

2.2.2 Absorção do nitrogênio pelas plantas

O nitrogênio é absorvido pelas plantas principalmente nas formas iônicas de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), fornecidos naturalmente pelo solo ou via fertilizantes orgânicos ou inorgânicos (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2011). O processo de absorção do nitrato ocorre com gasto de energia, obtida via consumo de ATPs, NADP e NADPH. A bomba H^+ ATPase hidrolisa ATP na membrana plasmática, bombeando H^+ para fora da célula e criando um gradiente eletroquímico, necessário para que os transportadores transfiram o nitrato para dentro da célula, co-transportando dois ou mais prótons por unidade de NO_3^- absorvida (BREDEMEIER; MUNDSTOCK 2000).

Uma vez sendo absorvido como nitrato, o nitrogênio é reduzido a nitrito (NO_2^-) no citosol ou amônio (NH_4^+) no plastídio, através da enzima redutase do nitrato (RN).

O amônio absorvido ou reduzido é incorporado a esqueletos de carbono, pela ação das enzimas sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), formando glutamina (GLN), glutamato (GLU) e outros metabólitos (BREDEMEIER; MUNDSTOCK 2000; MARSCHNER 2011; SOUZA; FERNANDES, 2006).

As plantas para crescerem e se desenvolverem normalmente necessitam do suprimento adequado de nitrogênio no substrato de crescimento. Quando o suprimento é baixo, ocorrem reduções na fotossíntese, no perfilhamento, na altura das plantas e na produção de grãos (SIMPSON; LAMBERS; DALLING, 1983).

As plantas deficientes em nitrogênio exibem sintomas visuais como plantas raquíticas, folhas estreitas e cloróticas ou amareladas. Esses sintomas se iniciam nas folhas mais velhas, pois ocorre quebra de ácidos nucleicos e de proteínas contidas nestas folhas, bem como a redistribuição do N liberado para outras partes da planta (MAE; OHIRA, 1981; MARSCHNER, 2011).

Quando as concentrações de nitrogênio no substrato são elevadas pode ocorrer toxicidade, com sintomas visuais que se manifestam nas folhas, com cor laranja ou clorose, supressão do crescimento e redução do rendimento da cultura, podendo ocasionar acamamento ou até mesmo a morte das plantas (BRITTO e

KRONZUCKER, 2002). Para Fageria, (2013) o excesso de N em plantas pode causar crescimento vegetativo excessivo, diminuir a relação raiz/colmo, atrasar a floração, e o conjunto de grãos e produção ser reduzido.

Para Marschner (2011) o sintoma de toxicidade causada pelo excesso de nitrogênio pode ser caracterizado por crescimento atrofiado, folhas necróticas e morte da planta. Britto e Kronzucker (2002) observaram que altas doses de NH_4^+ na solução nutritiva reduzem a concentração de cátions essenciais como K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , bem como de ácidos orgânicos. Da mesma forma, Fabre et al. (2011) e Fageria, Moreira e Coelho (2011), relatam que doses altas de nitrogênio reduziram a produção e a eficiência do nitrogênio e ao mesmo tempo aumentaram as perdas por volatilização e lixiviação.

Para maximizar a eficiência no uso do nitrogênio pelas plantas de arroz, Fageria e Baligar (2005) e Novoa e Loomis (1981) recomendaram a utilização de cultivares ou variedades eficientes na absorção deste nutriente. Fidelis et al. (2012) verificaram a existência de diferenças genotípicas e das fontes de N na eficiência de absorção do nitrogênio em plantas de arroz. Contreras et al. (2012) trabalhando com arroz de sequeiro concluíram que a eficiência na utilização do nitrogênio em plantas de arroz se reduz de acordo com a fonte de N na seguinte ordem decrescente amoniacal > amídica > nítrica. Por outro lado, Cobucci et al. (2010) indicam que as fontes de N de liberação lenta apresentam maior eficiência agrônômica, o que resulta em maior produtividade na cultura do arroz.

2.2.3 Fontes de nitrogênio para a cultura de arroz

Atualmente a ureia é o fertilizante mundialmente mais utilizado nas adubações nitrogenadas (PROCHNOW, 2007), principalmente por ser uma fonte de alta concentração (45% de N) e apresentar o menor preço por unidade de N aplicado (FAGERIA; MOREIRA; COELHO 2011; VILLALBA et al., 2014). Na agricultura brasileira o uso da ureia corresponde a cerca de 60% do consumo de fertilizantes nitrogenados (KANEKO, 2013).

Para Cantarella (2007); Lara Cabezas (2000); Villalba et al. (2014) e Duarte et al. (2007), o uso da ureia nas adubações de cobertura pode apresentar grandes perdas do N por volatilização de amônia, podendo chegar a cerca de 78% da

quantidade aplicada. Estas perdas ocorrem após a hidrólise da ureia, pela enzima urease que consome H^+ e acaba por aumentar o pH ao redor do grânulo do adubo, o que leva à transformação do amônio (NH_4^+) a gás amônia (NH_3), que volatiliza para a atmosfera. Para Costa, Vitti e Cantarella (2003), se a ureia é incorporada ao solo há grandes reduções nas perdas de N por volatilização.

Outra fonte de nitrogênio importante para a cultura do arroz de sequeiro é o sulfato de amônio (21% de N e 32% de S) (Guimãraes, Fageria e Barbosa Filho, 2002), porém com custos mais elevados por unidade de N transportado e efetivamente aplicado. De acordo com Lara Cabezas, Korndörfer e Motta (1997) e Stone et al. (1999), as perdas de N aplicado como sulfato de amônio são consideradas baixas, principalmente em solos ácidos o que contribui significativamente para aumentos da absorção do N e da produtividade das culturas.

Fageria et al. (2011) verificaram que a utilização do sulfato de amônio, mesmo em doses altas, gera maiores incrementos na altura das plantas e na produção da cultura de arroz de sequeiro em comparação com a utilização da ureia.

Outras alternativas para fontes de nitrogênio são os fertilizantes de liberação lenta, que garantem o fornecimento adequado de N durante todo o ciclo da cultura e reduzem as perdas por volatilização e lixiviação. Schwerz et al. (2015) que utilizaram o sulfammo (fonte de liberação lenta) para adubação nitrogenada na cultura do trigo, observaram diferenças significativa nos componentes de produção. Da mesma forma Ros et al. (2015) obtiveram aumentos na produção de grãos e maior acúmulo de N na matéria seca da parte aérea das plantas de milho quando utilizaram o sulfammo como fonte de N.

2.3 O arroz de sequeiro

O arroz pertence ao gênero *Oryza*, composto por 25 espécies (FAGERIA, 2013). As duas espécies mais cultivadas são *Oryza sativa* e *Oryza glaberrina*, sendo a *Oryza sativa* a mais cultivada no mundo. Esta espécie apresenta ainda três subespécies: a *japônica*, a *índica* e a *javanica* (ROSSO, 2006). Entre as subespécies *índica* e *japônica* se adaptam a diferentes condições ambientais, sendo as mais cultivadas. Enquanto a *índica* é cultivada em regiões tropicais e subtropicais, a *japônica* é cultivada em regiões temperadas (MAE, 1997).

As características morfológicas da espécie *japônica* mais marcantes são a presença de arista, a cor verde-escuro da folha, o menor número de perfilhos, a tolerância a temperaturas baixas e forma de grão curto, espesso e com sessão transversal arredondada. As subespécies *índicas* apresentam ausência de arista, cor verde claro da folha, maior número de perfilhos, sensibilidade a baixas temperaturas e forma do grão longo estreito e levemente plano (ROSSO, 2006).

A produção do arroz irrigado é ameaçada por escassez de água a nível mundial. É citada para o ano de 2025, uma redução em 22 milhões de hectares, o que afetaria a produção mundial de arroz (FAGERIA, 2013). Sob essas condições, o cultivo de sequeiro é uma estratégia promissora para salvar os recursos hídricos e manter a produção de arroz.

Segundo Nokkoul e Wichitparp (2014), no mundo aproximadamente 20 milhões de hectares são cultivados com arroz de sequeiro, ficando 60% na Ásia, 30% na América Latina e 10% no continente Africano.

No Brasil, o arroz de sequeiro é cultivado no cerrado em 2 milhões de hectares. Os solos desta região são ácidos, com altos níveis de alumínio trocável, baixa disponibilidade de fósforo, baixos teores de matéria orgânica e a cultura é conduzida mediante aplicação de altas doses de nitrogênio (FAGERIA, 2007). Entretanto, para Dobermann e Fairhurst (2000), essa cultura se caracteriza por baixo custo, baixo nível tecnológico e dependência das águas das chuvas. Stone e Moreira (2005) relataram que a quantidade de água para o cultivo do arroz de sequeiro varia de 600 a 700 mm. Quantidades menores de água reduzem significativamente a eficiência dos fertilizantes e a produtividade da cultura.

Segundo Crusciol et al. (1999), em termos nutricionais, o arroz de sequeiro exige maiores quantidades de potássio e nitrogênio que o arroz irrigado. A adubação nitrogenada promove aumentos no número de perfilhos, panículas, espiguetas/panícula e massa dos grãos formados, podendo, em casos de uso de altas doses de nitrogênio, induzir ao tombamento das plantas e afetar a produção da cultura (DOBERMANN; FAIRHURST 2000, FAGERIA; SANTANA; MORAIS, 1995).

Segundo Dobermann e Fairhurst (2000), o uso de altas doses de N nas adubações, além de favorecer a ocorrência de pragas e doenças e de aumentar o

acamamento das plantas, pode favorecer as perdas do nitrogênio aplicado por volatilização e lixiviação, reduzindo a eficiência dos fertilizantes.

ARTIGO A: Eficiência de fontes e doses de nitrogênio em plantas de arroz de sequeiro.

Resumo

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais importantes em termos de valor nutricional e econômico. A cultura de sequeiro destaca-se por ser cultivado em grande parte do mundo, em solos de baixa fertilidade, apresentando alta demanda de nutrientes, principalmente de nitrogênio (N). Por isso, e pela baixa eficiência no aproveitamento do N, torna-se o fator mais limitante na produção do arroz. Em vista disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de fontes, doses e a eficiência agrônômica da fertilização nitrogenada na cultura do arroz de sequeiro. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos avaliados resultaram de um fatorial 3x5, com três fontes de N (ureia, sulfato de amônio, sulfammo) e cinco doses de N (0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹ N). A cultivar utilizada foi IAPAR-117 e foram avaliadas as seguintes variáveis: número de perfilhos, altura das plantas, massa seca da parte aérea (MSPA), conteúdo de N na MSPA, massa de 100 grãos, eficiência agrônômica (EA), índice de colheita de grãos (ICG) e produtividade da cultura. A aplicação do nitrogênio na forma de sulfato de amônio resultou em maiores aumentos para número de perfilhos, altura das plantas, massa seca da parte aérea e produtividade da cultura. A maior eficiência agrônômica das fontes foi obtida com ureia e sulfammo para o cultivo do arroz de sequeiro, cultivar IAPAR 117, entretanto esta decresceu com o aumento das doses aplicadas. O sulfammo aumentou a massa de grãos cheios, mas não influenciou a produtividade da cultura do arroz de sequeiro.

Palavras chaves: *Oryza sativa*, produtividade, eficiência agrônômica, índice de colheita.

Efficiency of nitrogen sources and doses in upland rice plants

Abstract

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most important cereal in terms of nutritional and economic value. The upland rice crop stands out because it is grown in much of the world, in low fertility soils, with high nutrient demand, mainly nitrogen (N). Therefore, and because of the low efficiency in the use, nitrogen becomes the most limiting factor in rice production. Given that, the aim of this study was to evaluate the effects of sources, doses and agronomic efficiency of nitrogen fertilization in upland rice crop. The experimental design was completely randomized with four replications. The treatments resulted from a factorial with 3x5 with three sources of N (urea, ammonium sulfate, sulfammo) and five N rates (0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹ N). The genotype used was Iapar-117 and the following variables were evaluated: number of tillers, plant height, dry weight of shoot (DMS), N content in the DMS, weight of 100 grains, agronomic efficiency (EA), index grain harvest (ICG) and crop yield. The application of nitrogen as ammonium sulfate results in greater increases in number of tillers, plant height, dry DMS and crop yield. Most agronomic efficiency of the sources was obtained with urea and sulfammo for rainfed rice cultivation, IAPAR 117, however this decreases with increasing the doses applied. The sulfammo increases the mass of filled grains, but does not influence the yield of upland rice crop.

Key words: *Oryza sativa*, yield, agronomic efficiency, harvest index.

3.1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado uma cultura importante, porque é alimento básico para grande parte da população mundial, funcionando como fonte de calorias e proteínas na dieta alimentar diária de várias populações (SILVA et al., 2008). É o terceiro cereal mais cultivado no mundo, após o trigo e o milho e pode ser cultivado sob sistema de irrigação por inundação ou sequeiro.

A maioria dos países que cultivam arroz de sequeiro, situa-se em regiões menos desenvolvidas, onde ainda é baixo o nível tecnológico adotado para exploração da cultura. Nessas áreas a utilização e a eficiência das fertilizações, são baixas, principalmente no que se refere às adubações nitrogenadas. No Brasil o arroz de sequeiro é semeado principalmente na região do cerrado (FAGERIA e BALIGAR, 2005), onde os solos são caracterizados por apresentar baixa fertilidade natural, altos níveis de alumínio trocável, baixo nível de matéria orgânica, baixa disponibilidade de fósforo e dependência exclusiva da água das chuvas para atender a demanda hídrica das culturas (FAGEIRA; MOREIRA; COELHO 2011; FAGEIRA; CARVALHO; DOS SANTOS, 2014).

A planta de arroz caracteriza-se por apresentar alta demanda de nutrientes, sendo o nitrogênio (N) o elemento que requer e acumula em maiores quantidades. Por isso, esse nutriente é considerado o fator que mais limita a expressão do potencial produtivo das cultivares exploradas economicamente em sistema de cultivo de sequeiro (FIDELIS et al., 2012).

O nitrogênio é importante nas principais funções bioquímica e fisiológica das plantas, hormônios, constituinte de enzimas, clorofila, ácidos nucleicos e proteínas (BRITTO e KRONZUCKER, 2002) e como tal, interfere diretamente nos componentes que definem a produção da cultura. Estes componentes são responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento das plantas, incrementando massa seca, número de perfilhos, panículas, grãos por panícula e produção (FAGERIA e BALIGAR, 2005).

No entanto, o rendimento do arroz de sequeiro é considerado baixo, ficando em torno de 40 % da produção média obtida nas culturas irrigadas (ALVARES, CRUSCIOL, NASCENTE, 2014), pois o aproveitamento do nitrogênio fica abaixo de 50% da quantidade aplicada, contribuindo de forma importante para o aumento dos custos de produção. Desta forma, o manejo adequado e racional das adubações

nitrogenadas é fundamental para diminuir as perdas, os riscos de poluição ambiental e para aumentar a eficiência no aproveitamento do nitrogênio aplicado (ALFONZO et al., 2011).

Tendo em vista a necessidade urgente de aumentar a produção de alimentos para atender a demanda de uma população mundial crescente, torna-se cada vez mais necessário, se desenvolverem tecnologias que possibilitem maior eficiência no aproveitamento do nitrogênio das adubações, em virtude de ser um nutriente fundamental para o aumento da produtividade e por ser o nutriente que contribui com a maior parte do custo das adubações.

Aumentar a eficiência agrônômica dos fertilizantes nitrogenados na cultura do arroz de sequeiro depende da adoção de técnicas de manejo que envolvam a seleção de cultivares, a definição da melhor dose, do melhor momento e do modo mais adequado de aplicação dos mesmos (FAGERIA E BALIGAR 2005; FAGERIA, 2007; FIDELIS et al., 2012).

A literatura indica que o uso de diferentes fontes e doses de nitrogênio influencia a absorção de N pelas plantas de arroz (GUIMARÃES e STONE 2003; TEIXEIRA FILHO et al., 2010; MARCHESAN et al., 2011). Mesmo assim, as fontes utilizadas pelos agricultores se resumem a ureia (que tem maior conteúdo e menor custo por unidade de N) e ao sulfato de amônio (20% de N), que funciona também como fonte de enxofre (21% de S). Segundo Fageira, Moreira e Coelho (2011); Fageira, Carvalho e Santos (2014), dados relacionados aos efeitos de fontes e doses de N, nos componentes de produção e no rendimento da cultura de arroz de sequeiro, para as condições ambientais brasileiras, são limitados, especialmente para as cultivares recém lançadas.

Tendo em vista o que foi apresentado anteriormente, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de fontes, doses e a eficiência agrônômica da fertilização nitrogenada na cultura do arroz de sequeiro.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina (UEL), no Estado de Paraná, localizado nas coordenadas 23° 30'S, 51° 32' W, altitude 585m.

A terra utilizada para enchimento dos vasos foi coletada da camada superficial (0,0 - 0,2 m) de um Latossolo Vermelho eutroférico (Embrapa, 2013), da área experimental da Fazenda Escola (FAZESC/UEL). Antes da instalação do experimento a terra foi tamisada utilizando peneira com malhas de 4,0 mm de abertura. Sub amostras foram passadas em peneiras com malha de 2,0 mm de abertura e encaminhadas para realização das análises laboratoriais com a finalidade de avaliar a granulometria e fertilidade do solo.

As análises granulométricas permitiram classificar o solo coletado como de textura muito argilosa, com 630 g kg⁻¹ de argila, 130 g kg⁻¹ de silte e 240 g kg⁻¹ de areia. Os resultados das características químicas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Atributos químicos da terra utilizada no experimento FAZESC/UEL.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	P	M.O	pH	CTC	m	V
----- cmolc/dm ³ -----				mg kg ⁻¹ g kg ⁻¹		CaCl ₂	cmol _c /dm ³	----	%	----
4,47	1,40	0,34	0,10	5,58	6,13	25	4,46	11,56	5,33	51,64

M.O = Matéria Orgânica do solo; CTC pH7= Capacidade de troca catiônica; pH= CaCl₂ 0,01M; V= Saturação de bases. m= saturação por alumínio

Fonte: autor

Para a instalação do experimento foram utilizados vasos de plástico com 25 cm de diâmetro e capacidade para 8,0 kg de terra. Antes da semeadura e para evitar restrições nutricionais, cada vaso recebeu a aplicação de uma solução nutritiva contendo enxofre e micronutrientes (Tabela 2), de acordo com as indicações de Novais et al. (1991). As adubações com fósforo e potássio foram feitas seguindo as recomendações de Oliveira (2003) para o cultivo de arroz de sequeiro no Estado do Paraná, e consistiu na aplicação de 1,15 g de P₂O₅/vaso⁻¹ na forma de superfosfato triplo (SFT) e de 1,44 g de K₂O/vaso⁻¹ na forma de cloreto de potássio.

Tabela 2 - Adubação com enxofre e micronutrientes.

Nutriente	Dose (mg kg ⁻¹)	Fonte ¹	Solução ² Estoque mg L ⁻¹
S	22,05	CuSO ₄ .5H ₂ O	-----
		ZnSO ₄ .7H ₂ O	1407,7
B	0,81	H ₃ BO ₃	370,6
Cu	1,33	CuSO ₄ .5H ₂ O	493,3
Fe	1,55	FeCl ₃ .6H ₂ O	600,5
Mn	3,66	MnCl ₂ .4H ₂ O	1055,4
Mo	0,15	NaMoO ₄ .2H ₂ O	27,4
Zn	4	ZnSO ₄ .7H ₂ O	-----

1.Reagentes p.a. 2. Aplicação de 100 ml da solução em cada vaso.

Fonte: Autor

Em cada vaso foram semeadas oito sementes pré-germinadas de arroz de sequeiro da cultivar IAPAR 117, distribuindo-as homoganeamente de forma a cobrir toda a superfície de terra do vaso. Dez dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se apenas três plantas por vaso.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos testados resultaram de um fatorial 3x5 em que os fatores foram três fontes [Ureia (45 % N), sulfato de amônio (20% de N e 21 % S) e sulfammo (29 % N; 9 % S; 5%Ca e 2% Mg)] de nitrogênio nas formas amídica e amoniacal e 5 doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) aplicados 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura aos 25 e 45 dias após a emergência das plantas. Após as adubações com nitrogênio, os vasos foram irrigados visando manter a umidade entre 70 e 80 % da capacidade máxima de retenção de água do solo. Essa faixa de umidade foi mantida durante toda a fase experimental, mediante reposição diária da água evapotranspirada. A cultivar de arroz de sequeiro utilizada (IAPAR 117) apresenta ciclo de 125 dias, altura média das plantas de 120 cm, florescimento aos 95 dias, boa produtividade e grãos do tipo longo/longo fino.

Para avaliar a resposta das plantas de arroz aos tratamentos foram avaliadas as seguintes variáveis: número de perfilhos por vaso, altura das plantas, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de grãos, massa de 100 grãos limpos (MCGC),

conteúdo de nitrogênio, na matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência agrônômica das fontes de nitrogênio e o índice de colheita de grãos (ICG).

A avaliação do número de perfilhos foi realizada mediante contagem do número de colmos para cada unidade experimental, aos 65 dias após a emergência (fase final do perfilhamento) (PINHEIRO et al., 2009).

A altura das plantas foi avaliada ao final do experimento, medindo-se a distância entre a superfície do solo e a extremidade da panícula de cada uma das 3 plantas do vaso (PINHEIRO et al., 2009)

Para obter a massa seca da parte aérea (MSPA) o material coletado, foi colocado em estufa de circulação forçada de ar, mantendo-se a temperatura de 60 °C até se obter massa constante. Na sequência o material seco foi pesado.

A produção total de grãos foi avaliada individualmente para cada parcela experimental, corrigindo-se a umidade dos grãos para 13 %. Na sequência foi efetuada a pesagem dos grãos limpos para determinação da massa dos grãos. Além disso, foram também realizados ajustes de equações de regressão polinomiais visando estabelecer para cada fonte os efeitos das doses de nitrogênio.

A massa de 100 grãos foi avaliada apenas para grãos limpos, após o beneficiamento, utilizando-se o separador por densidade dos grãos das impurezas por corrente de ar (PINHEIRO et al., 2009).

Para determinação do conteúdo de nitrogênio da MSPA o material seco foi moído em moinho tipo Willey, e, submetido à digestão sulfúrica. A quantificação do nitrogênio foi realizada mediante emprego da metodologia micro Kjeldahl, conforme descrição apresentada por Galvani e Gaertner (2006).

Para avaliar a eficiência agrônômica das fontes de nitrogênio foi empregada a equação: $EA = (P_{CN} - P_{SN})/QNA$ (FAGERIA e BALIGAR, 2005), em que: EA= eficiência agrônômica da fonte considerada, em g MS/g de nitrogênio, MS_{CN} = massa seca da produção por vaso adubadas com nitrogênio, MS_{SN} = massa seca da produção adubadas sem nitrogênio e QNA = quantidade de nitrogênio aplicada no vaso.

O Índice de colheita de grãos (ICG), foi obtido pela razão entre a massa total de grãos e a produção total biológica (massa seca da palhada + massa de grãos), ou seja:

ICG = massa seca de grãos/(massa seca da palhada + massa seca de grãos).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ou ajustadas à equações de regressão polinomial utilizando o programa SISVAR –v.5.3 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISSCUSSÃO

As análises de variância indicaram efeitos significativos das interações entre fontes e doses de nitrogênio para número de perfilhos, altura de plantas, massa seca de parte aérea (MSPA), produtividade, massa seca do grão cheio (MSGC), conteúdo de nitrogênio na MSPA e eficiência agrônômica (EA). Para as demais variáveis (massa de 100 grãos e índice de colheita do grão (ICG)) foram observados apenas efeitos isolados de fontes e doses de N.

4.1 Número de Perfilhos

O número de perfilhos foi influenciado significativamente pelas fontes e doses de nitrogênio. O sulfato de amônio (SA) foi a fonte que determinou o maior número de perfilhos por vaso para as doses de 120 e 160 kg de N ha⁻¹ (Tabela 3). Resultados similares foram obtidos por Kamekawa et al. (1989) que utilizaram o sulfato de amônio, e obtiveram aumento do número de perfilhos em plantas de arroz em relação a uréia (revestida com enxofre). Diferentemente dos resultados obtidos neste estudo Lopes et al. (2013) não observaram efeitos significativos de fontes de nitrogênio no perfilhamento do arroz.

Tabela 3 - Número de perfilhos/vaso das plantas de arroz de sequeiro cv Iapar-117 função das fontes e doses de nitrogênio.

Fontes de N	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	160
SA	3,84 a*	6,91 a	9,20 a	12,08 a	12,33 a
Ureia	3,91 a	7,00 a	8,22 a	9,33 b	8,00 b
SFM	4,00 a	6,58 a	7,91 a	9,44 b	7,83 b
CV (%)	8,01				
Dms	1,04				

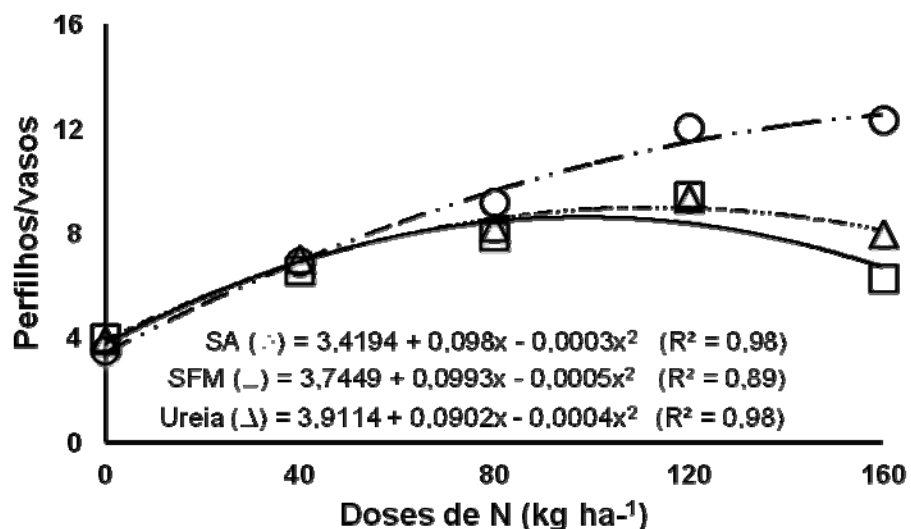
SA =Sulfato de amônio; SFM= sulfammo Dms= diferença mínima significativa CV= Coeficiente de variação.

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com a dose de 160 kg N ha⁻¹ houve incremento no número de perfilhos/vaso de 221,09; 104,60 e 95,75 % para o sulfato de amônio, ureia e sulfammo, respectivamente (Tabela 3). Da mesma forma autores como Fageria, Baligar e Jones (2011) relatam que a adubação nitrogenada, além do número de folhas, incrementa também o número de perfilhos da planta de arroz.

Com o aumento das doses de N, houve incremento no perfilhamento das plantas de arroz, e as variações se ajustaram a modelos de polinômios de segundo grau para todas as fontes avaliadas. Entretanto foi observado que, o sulfato de amônio foi a fonte que determinou sempre os maiores incrementos (Figura 1). Foi possível estimar que os números máximos de perfilhos foram obtidos com as doses de 163, 113 e 99 kg ha⁻¹ de N, para o SA, ureia e SFM, respectivamente. Isto pode ter ocorrido devido a maior absorção de amônio que incrementa a produção de citocininas e ao mesmo tempo aumenta o número de perfilhos nas plantas de arroz. Resultados semelhantes foram obtidos por Lopes et al (2013) que observaram que o aumento das doses de N aumenta o número de perfilhos até obtenção do ponto de máximo com a dose de 198 kg de N ha⁻¹. Da mesma forma Buzetti et al. (2006) observaram incrementos do número de perfilhos das plantas de arroz no primeiro ano de cultivo, com doses de até 150 kg de N ha⁻¹ utilizando ureia como fonte de nitrogênio.

Figura 1 - Número de perfilhos das plantas de arroz de sequeiro cv.lapar-117 (total/vaso), em função das fontes e doses de nitrogênio.



4.2 Altura das plantas

A altura das plantas de arroz foi influenciada tanto pelas fontes como pelas doses de N (Tabela 4 e Figura 2). O efeito de fontes só foi observado para a dose de 40 kg ha⁻¹ de N, quando as plantas adubadas com SA apresentaram os maiores valores de altura.

Tabela 4 - Altura média das plantas de arroz de sequeiro (cm) do cv. Iapar-117, em função das fontes e doses de nitrogênio.

Fontes de N	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	160
AS	92,33 a*	114,79 a	115,79 a	108,70 a	108,79 a
Ureia	91,95 a	105,09 b	113,66 a	111,81 a	116,86 a
SFM	94,32 a	112,42 ab	113,40 a	110,40 a	114,16 a
CV (%)			4,36		
Dms			8,07		

SA =Sulfato de amônio; SFM= sulfammo Dms= diferença mínima significativa CV= Coeficiente de variação.

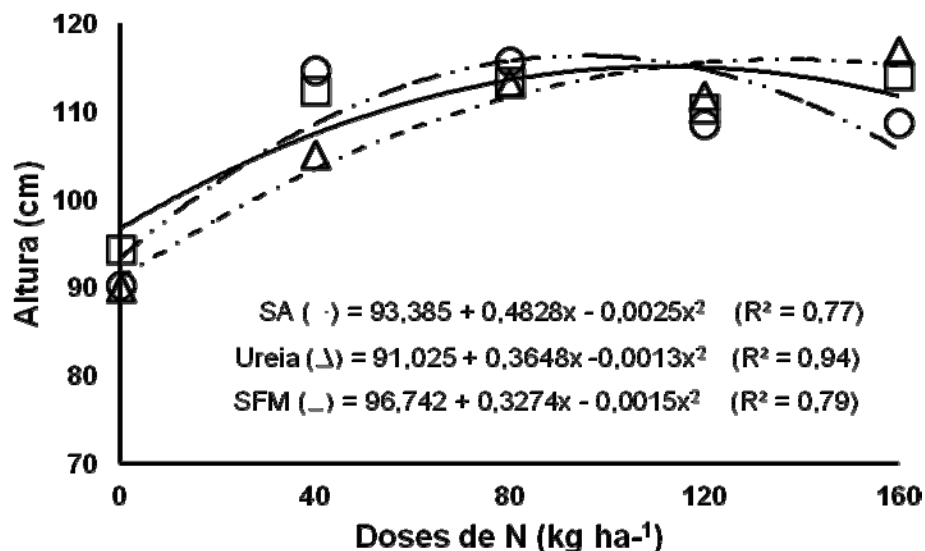
*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Fageria, Moreira e Coelho (2011) que, trabalhando com arroz de sequeiro, observaram maior altura das plantas quando utilizaram o sulfato de amônio em relação à ureia. Porém, diferem dos resultados apresentados por Fabre et al. (2011); Fageria, Carvalho e dos Santos (2014) que obtiveram maior altura das plantas com a utilização da ureia. Por outro lado, avaliando a altura das plantas de trigo, que também é da família das gramíneas, Teixeira Filho et al. (2010), não encontraram diferenças significativas entre a ureia, o sulfato de amônio e o Entec (fonte de N de liberação lenta), diferindo dos resultados obtidos.

Avaliando o efeito isolado das doses de N (Figura 2) verifica-se que a variação de altura das plantas, se ajustou a modelos quadráticos, com pontos de máximo estimados para aplicações de 96,6; 109,1 e 140,3 kg ha⁻¹ de N, para SA, sulfammo e ureia, respectivamente. Resultados similares foram obtidos por Russo (1996), que também trabalhou com distintas fontes de N e observou que a menor altura das plantas foi obtida com a fonte de liberação lenta.

Para Fageria (2007), trabalhando com cultivares de arroz sequeiro, obteve resposta similar ao concluir que as variações do crescimento das plantas de arroz em função das doses de N se ajustam a modelos quadráticos. Entretanto, para Buzetti et al. (2006), o crescimento das plantas de arroz em função das doses de N é melhor representado pelo modelo linear, diferindo dos resultados obtidos neste estudo. Isto indica que o nitrogênio influencia o crescimento vertical das plantas de arroz, mas por outro lado, depende de outros fatores como fonte de nitrogênio, umidade de solo e temperatura ambiental.

Figura 2 - Altura média das plantas de arroz de sequeiro cv.lapar-117 (total/vaso), em função das fontes e doses de nitrogênio.



4.3 Massa seca da parte aérea

A produção de massa seca da parte aérea (MSPA) foi influenciada pelas diferentes fontes e doses de nitrogênio (Tabela 5). Observou-se que a produção de MSPA foi significativamente maior quando as plantas de arroz foram adubadas com o sulfato de amônio, empregando-se doses acima de 80 kg ha⁻¹ de N. Estes incrementos na MSPA podem ser atribuídos ao efeito do N que influencia diretamente o número de perfilhos e folhas, gerando maior absorção de N e redistribuição de fotossintatos para enchimento dos grãos.

A partir da dose de 80 kg ha⁻¹ de N, o sulfammo foi significativamente inferior às demais fontes testadas, provavelmente devido a sua lenta liberação, não

permitindo atender totalmente a demanda de N, no momento que a planta mais precisava. Resultados similares foram obtidos por Bufogle et al. (1998) que encontraram diferenças entre sulfato de amônio e ureia na produção de massa seca do arroz. Estes autores também argumentam que a diferença entre as fontes está relacionada com as condições do clima e solo. Segundo Fageria e Baligar (2005), além da influência do nitrogênio, a produção de MSPA das plantas de arroz é influenciada pela variação genética entre as cultivares avaliadas. Nessa mesma direção Chanh, Tsutsumi e Kurihara (1981) relatam que existem diferenças entre espécies de arroz *japônicas* e *Índicas*, quanto a absorção e utilização do nitrogênio.

Tabela 5 - Produção média de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de arroz de sequeiro (g/vaso), do cv. Iapar-117, em função das fontes e doses de nitrogênio.

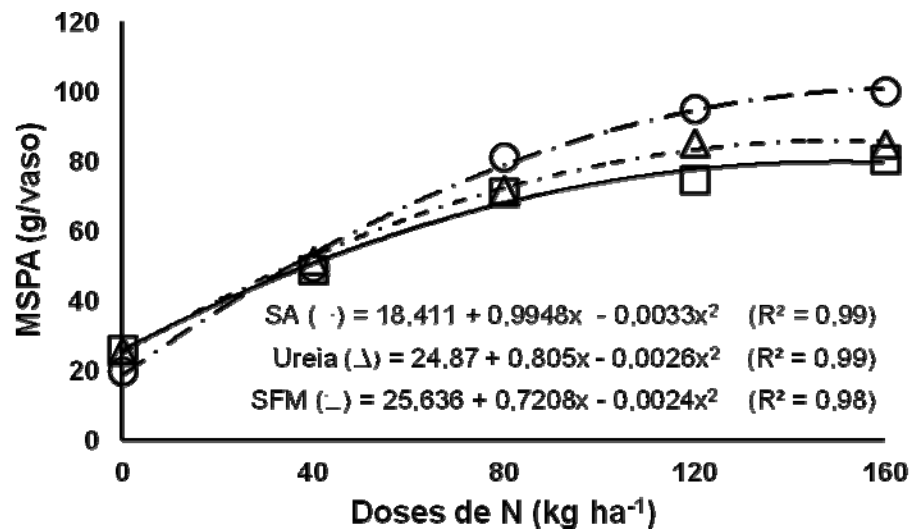
Fontes de nitrogênio	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	160
SA	23,94 a*	49,57 a	81,19 a	95,37 a	100,19 a
Ureia	25,66 a	51,34 a	71,96 ab	85,35 b	84,98 b
SFM	25,85 a	49,12 a	71,26 b	74,83 c	80,59 b
CV (%)	8,73				
Dms	9,64				

SA =Sulfato de amônio; SFM= sulfammo Dms= diferença mínima significativa CV= Coeficiente de variação.

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A máxima produção de MSPA foi obtida com aplicação de 150,7 kg de N ha⁻¹ de sulfato de amônio que ficou acima das doses estimadas de 154,8 e 150 kg de N ha⁻¹ para ureia e sulfammo, respectivamente (Figura 3). De forma similar Singh e Modgal (1978) obtiveram ajuste a uma função quadrática para a variação da produção de MSPA em função do aumento nas doses de N. Resultados similares também foram obtidos por Fageria, Moreira e Coelho (2011) que verificaram que a máxima produção de massa seca da cultura de arroz foi obtida com doses diferentes de N, sendo estimadas as doses de 952 kg de N ha⁻¹ para o sulfato de amônio e 540 kg de N ha⁻¹ para a ureia. Para Crusciol et al. (2008) e Fageria, Carvalho e Santos (2014), os efeitos de doses de N no incremento da produção de MSPA em plantas de arroz estão relacionados com o aumento dos teores foliares de N, que por sua vez aumentam a quantidade de clorofila e a taxa fotossintética líquida das plantas.

Figura 3 - Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de arroz de sequeiro cv. Iapar-117 (g/vaso) em função das fontes e doses de nitrogênio.



4.4 Produção de grãos cheios

Houve efeito significativo das fontes e doses de N na produção de grãos cheios (Tabela 6), de forma similar aos resultados para incrementos do número de perfilhos e produção de MSPA (Tabelas 3 e 5). Para a dose de 120 kg de N ha⁻¹ o sulfato de amônio e ureia diferiram do sulfammo. Entretanto, para a dose de 160 kg de N ha⁻¹ o sulfammo não diferiu da ureia, provavelmente porque a aplicação da ureia em doses altas resulta sempre em maiores perdas de nitrogênio. Esses resultados diferem daqueles obtidos por Hernandez et al. (2010) que não observaram diferenças significativas entre três fontes de N. Da mesma forma, Lopes et al. (2013) trabalharam por dois anos com Entec, sulfato de amônio e ureia nas doses de 0, 50, 100, 150, 200 kg de N ha⁻¹, e não observaram efeitos significativos na produtividade da cultura de arroz.

Tabela 6 - Produção média de massa seca de grãos cheios (MSGC) das plantas de arroz de sequeiro (g/vaso) do cv. Iapar-117, em função das fontes e doses de nitrogênio.

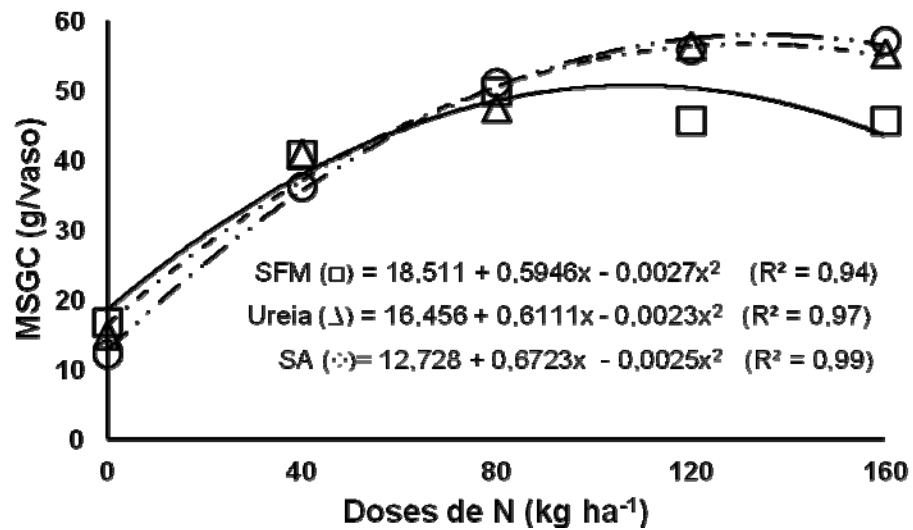
Fontes de Nitrogênio	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	160
SA	14,29 a*	36,26 a	51,31 a	55,90 a	57,19 a
Ureia	14,99 a	41,12 a	47,54 a	56,49 a	55,42 ab
SFM	16,85 a	40,78 a	49,94 a	45,75 b	45,70 b
CV (%)	13,71				
Dms	9,83				

SA =Sulfato de amônio; SFM= sulfammo Dms= diferença mínima significativa CV= Coeficiente de variação.

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento das doses de N incrementou a produção de grãos cheios, ajustando-se a modelos quadráticos para as diferentes fontes avaliadas (Figura 4). Observou-se que a máxima produção de grãos cheios (57,92 g/vaso) foi obtida com aplicação do SA, na dose de 134,46 kg de N ha⁻¹. Para ureia e sulfammo as máximas produções foram de 57,04; 51,24 g/vaso, estimada para as doses de 132,84 e 110,11 kg de N ha⁻¹, respectivamente. Resultados diferenciados foram obtidos por Araújo et al. (2012) que trabalhando em solução nutritiva com diferentes fontes e relações de N, observaram máxima produção de grãos de arroz quando a proporção foi maior para o nitrato que para o amônio. Resultados diferentes também foram obtidos por Souza et al. (2010) que não observaram diferenças com aumento entre doses de N aplicado com ureia. Já Hernandez et al. (2010) observaram decréscimos na produtividade da cultura do arroz com doses de 122 kg de N ha⁻¹. Esses decréscimos na produção podem ser devido ao fato que o N estimula o crescimento das plantas, causando o auto sombreamento e redução da área fotossintetizante das plantas, e com isso, diminuindo a produção de carboidrato para enchimento dos grãos.

Figura 4 - Massa seca de grãos cheios (MSGC) das plantas de arroz sequeiro cv. Iapar-117 (g/vaso), em função das doses e fontes de nitrogênio.



4.5 Conteúdo de nitrogênio na massa seca de parte aérea

O nitrogênio acumulado na parte aérea (palhada) das plantas do arroz diferiu significativamente entre os tratamentos. O uso do SA resultou em maiores acúmulos de nitrogênio na MSPA das plantas, em comparação com o sulfammo e a ureia (Tabela 7). Estes resultados diferem daqueles obtidos por Bufogle et al. (1998) que trabalharam com diferentes fontes de nitrogênio em arroz e observaram que a adubação com sulfato de amônio não apresentou diferenças de acúmulo de N na MSPA em relação a ureia. Diferentes resultados também foram obtidos por Britto e Kronzucker (2002) e por Holzschuh et al. (2009), que trabalharam com nitrogênio e observaram toxidez causada por N em plantas de arroz quando a cultura foi adubada com fonte amoniacal.

Por outro lado, analisando o efeito de doses, verificou-se que nas diferentes fontes testadas, os aumentos para o conteúdo de N na MSPA se ajustaram a modelos lineares, indicando que as doses testadas não foram suficientes para determinação de pontos de máximos (Figura 5). Estes resultados diferem daqueles obtidos por Stone et al. (1999) que não observaram influência das doses de N no teor de nitrogênio na parte aérea das plantas de arroz. Por outro lado, Fonseca et al. (2012) observaram que as variações nos aumentos no teor de N foliar se ajustaram

a uma função quadrática, com ponto de máxima estimado para doses de 94 kg ha^{-1} de N.

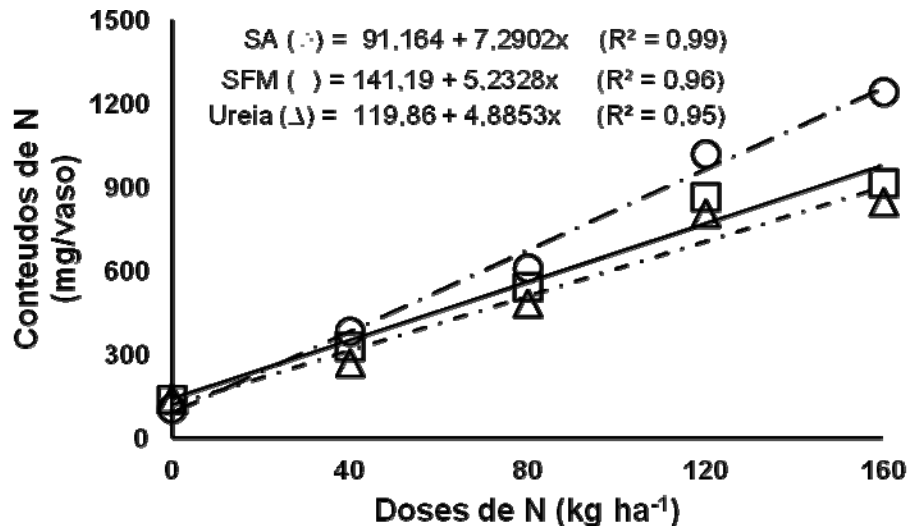
Tabela 7 - Acúmulo de N (mg/vaso) na massa seca da parte aérea (folhas e colmos) da planta de arroz de sequeiro cv. Iapar-117, em função das fontes e doses de nitrogênio.

Fontes de nitrogênio	Doses de N (kg ha^{-1})				
	0	40	80	120	160
SA	128,57 a*	382,60 a	611,30 a	1023,05 a	1246,39 a
Ureia	141,32 a	269,10 b	486,64 b	806,83 b	849,52 c
SFM	139,81 a	329,69 ab	544,41 b	868,91 b	916,48 b
CV (%)	6,29				
Dms	62,67				

SA = Sulfato de amônio; SFM = sulfammo Dms = diferença mínima significativa CV = Coeficiente de variação.

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 5 - Conteúdo de N na palhada (folhas e colmos) das plantas de arroz de sequeiro cv. Iapar-117 (mg/vaso), em função das fontes e doses de nitrogênio.

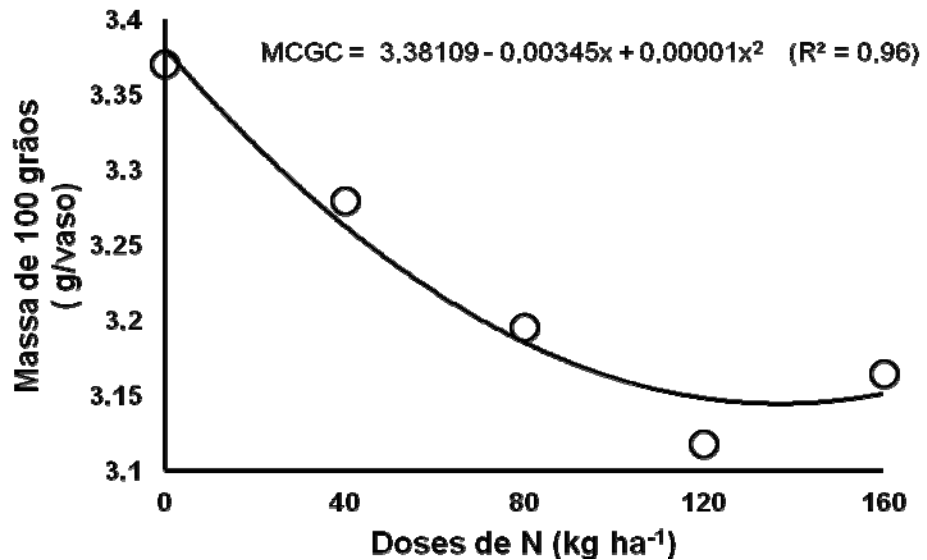


4.6 Massa de 100 grãos

A massa de 100 grãos do genótipo de arroz reduziu com os incrementos nas doses de N, sendo ajustada a uma função quadrática com ponto de mínimo estimado para a dose de $136 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (Figura 6), independentemente da fonte

considerada. Resultados diferentes foram obtidos por Fageria, Moreira e Coelho (2011) que observaram aumento da massa de 1000 grãos, atingindo o ponto de máximo de acúmulo com a dose de 154 kg ha⁻¹ de N.

Figura 6 - Variação da massa seca de 100 grãos de arroz de sequeiro cv lapar-117 (g/vaso), em função das doses de nitrogênio.



De forma similar aos resultados obtidos nesse estudo, Buzetti et al. (2006); Espindula et al. (2010); Hernandez et al. (2010) e Fonseca et al. (2012) observaram decréscimos na massa de 100 grãos, com aumentos das doses de N em arroz.

Tabela 8 - Massa de 100 grãos (g) das plantas de arroz de sequeiro lapar-117, em função das fontes de nitrogênio.

Fontes de Nitrogênio	Massa de 100 grãos
SA	3,18 b*
Ureia	3,21 ab
SFM	3,28 a
CV (%)	2,65
Dms	0,065

SA =Sulfato de amônio; SFM= sulfammo Dms= diferença mínima significativa CV= Coeficiente de variação.

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando o efeito das fontes foi possível observar que os valores médios obtidos para massa de 100 grãos variaram de 3,18 a 3,28 g/vaso, sendo que a maior

produção de massa de 100 grãos foi obtida quando se aplicou a fonte sulfammo (Tabela 8). Os valores obtidos estão acima dos apresentados por Fageria (2007); Boldieri, Cazeta e Fornasieri Filho (2010) (2,35 e 2,78 g/100 grãos) que trabalharam com 10 diferentes genótipos de arroz e diferentes fontes de N (ureia, sulfato de amônio e Entec-ureia).

4.7 Eficiência Agronômica

A eficiência agronômica (EA) das fontes de nitrogênio considerando-se a produção de grãos cheios por unidade de N aplicado, variou significativamente apenas para a dose de 40 kg ha⁻¹ de N, quando a ureia e o sulfammo apresentaram os maiores valores para esta variável, superando o sulfato de amônio em 30,33 e 24,93 %, respectivamente (Tabela 9).

Resultados diferentes foram obtidos por Lopes et al. (2013) que obtiveram maior eficiência para o sulfato de amônio na cultura de arroz de sequeiro. Entretanto, Quintero et al. (2011) não observaram diferença entre estas duas fontes de N avaliadas. Diferenças também foram obtidas por Lara-Cabezas e Páuda (2007), que trabalharam com outra gramínea e observaram que a fonte que apresentou a maior eficiência agronômica foi o sulfato de amônio, independentemente das doses aplicadas.

Tabela 9 - Eficiência agronômica (EA) de fontes de nitrogênio para plantas de arroz de sequeiro cv. Iapar-117.

Fontes de Nitrogênio	EA (g grão/g N)			
	40	80	120	160
AS	129,01 b*	115,48 a	101,11 a	66,93 a
Ureia	168,14 a	111,21 a	89,69 a	68,16 a
SFM	161,18 a	109,21 a	84,77a	48,42 a
CV (%)	11,81			
Dms	21,32			

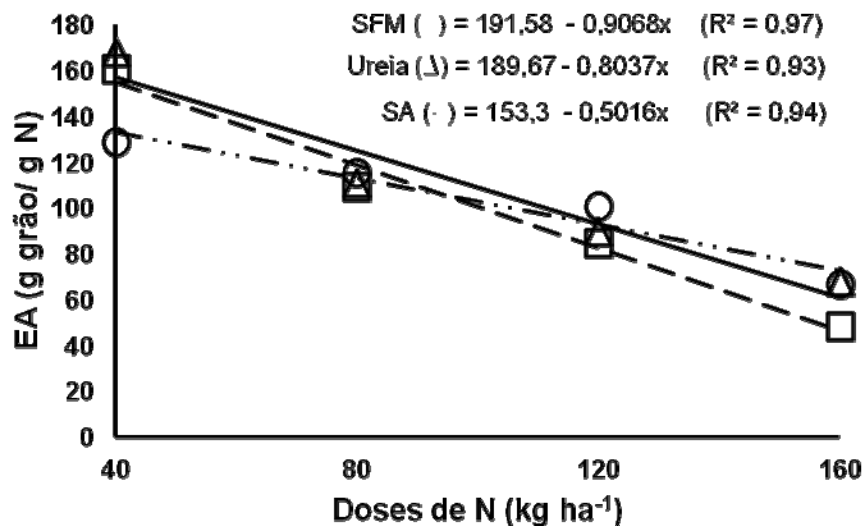
SA =Sulfato de amônio; SFM= sulfammo Dms= diferença mínima significativa CV= Coeficiente de variação.

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando os efeitos isolados de doses, fica evidente que aumentando as doses aplicadas de N na cultura do arroz de sequeiro, reduz-se linearmente a EA para todas as fontes avaliadas (Figura 7). Em termos práticos, isso indica que para

cada grama de N aplicado na forma de sulfammo, ureia, e SA, houve uma redução na produtividade de 0,90; 0,80 e 0,50 g da massa de grãos produzidos, respectivamente. Para a maior dose testada, ou seja, 160 kg/ha de N, as reduções em relação à dose de 40 kg/ha de N, foram de 80,4%, 52,4% e 52,3% para aplicações do sulfammo, ureia ou sulfato de amônio, respectivamente. Este efeito já foi observado por outros pesquisadores como Fageria, Santos e Cutrim (2007), e pode indicar certa inabilidade das plantas de arroz em absorver todo o N aplicado ou mesmo um provável efeito nocivo do nitrogênio, independentemente da fonte considerada. Por outro lado, esse fato indica também que aumentando as doses de N na cultura do arroz, aumentam-se as perdas e as possibilidades de contaminação ambiental com diferentes formas de nitrogênio.

Figura 7 - Eficiência agrônômica (EA) de fontes de nitrogênio para plantas de arroz de sequeiro do cv. Iapar-117, em função das doses de nitrogênio.



4.8 Índice de colheita de grãos

O índice de colheita dos grãos (ICG) é um parâmetro importante para avaliação da produtividade da cultura do arroz, uma vez que corresponde à relação entre a biomassa de grãos e a biomassa total da planta (FAGERIA, 2013).

Entre as fontes de N avaliadas o ICG variou de 0,41 a 0,43 (Tabela 10) e este resultado está de acordo com o relatado por Fageria, Baligar e Jones (2011) que indicam que o valor do ICG para culturas comerciais deve variar entre 0,36 a 0,52. É interessante observar que as fontes de N que determinaram as menores

produtividades de grãos, e foram as que apresentaram os maiores valores para o ICG, e, portanto, maiores valores de EA.

Tabela 10 - Índice de colheita de grãos (ICG) das plantas de arroz de sequeiro do cv. Iapar-117 em função das diferentes fontes de nitrogênio.

Fontes de Nitrogênio	ICG
SA	0,41 b*
Ureia	0,43 a
SFM	0,43 a
CV (%)	5,8
Dms	0,019

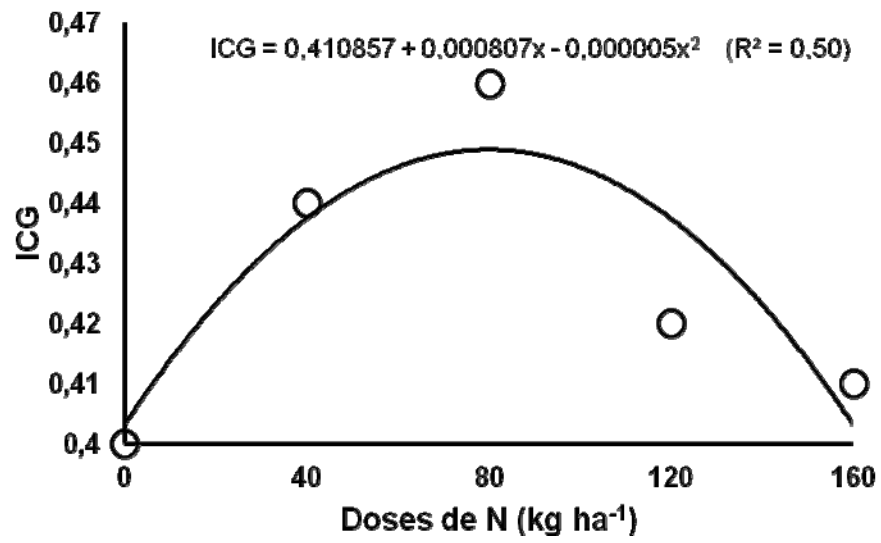
SA =Sulfato de amônio; SFM= sulfammonio Dms= diferença mínima significativa CV= Coeficiente de variação.

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Fageria e Baligar (2005), maiores valores de ICG significa maior eficiência na translocação de fotossintatos para as partes da planta e, conseqüentemente, maior incremento na produtividade de grãos. Entretanto para Guimarães, Stone e Neves, (2008), as plantas com menor produção de grãos apresentam maior produção de colmos e folhas (palhada), ou seja, menores valores de ICG.

Considerando apenas o efeito das doses de N foi possível observar que as variações do ICG se ajustaram a uma função polinomial de segundo grau (Figura 8), porém com baixo coeficiente de determinação ($r^2=0,50$). Apesar disso, foi possível estimar o ponto de máximo para a dose de 80,7 kg de N ha^{-1} . Resultados diferentes foram obtidos por Fageria et al, (2009) que estimaram pontos de máximo para o ICG para doses de 66 e 19 kg/ha de N utilizando sulfato de amônio e ureia, respectivamente. Também na cultura de milho, Andrade et al, (2014), obtiveram valor máximo de IGG com a aplicação de 131,6 de N na forma de uréia.

Figura 8 - Índice de colheita de grãos (ICG) das plantas de arroz de arroz sequeiro cv. Iapar-117, em função das doses de nitrogênio.



5 CONCLUSÕES

- Os componentes de produção e a produtividade do cultivar de arroz IAPAR-117 são influenciados significativamente pelas fontes e doses de nitrogênio avaliadas.

- O sulfato de amônio é a fonte de nitrogênio que apresenta maior aumento para número de perfilhos, altura das plantas, massa seca da parte aérea e produtividade do arroz de sequeiro.

- A ureia e sulfammo são as fontes de nitrogênio que apresentam a maior eficiência agrônômica para o cultivo do arroz de sequeiro cultivar IAPAR 117, quando aplicado em doses de 40 kg/ha de N. Entretanto está decresce com o aumento das doses aplicadas.

- Entre as fontes utilizadas, o sulfammo, fonte de liberação lenta de nitrogênio, foi significativamente superior apenas para a massa de grãos cheios.

Conclusões Gerais

- Os componentes de produção e a produtividade do arroz de sequeiro, cultivar IAPAR-117, são influenciados pelas fontes e doses de nitrogênio.

- O sulfato de amônio é a fonte de nitrogênio que apresenta os maior aumento para número de perfilhos, altura das plantas, massa seca da parte aérea e produtividade da cultura de arroz de sequeiro.

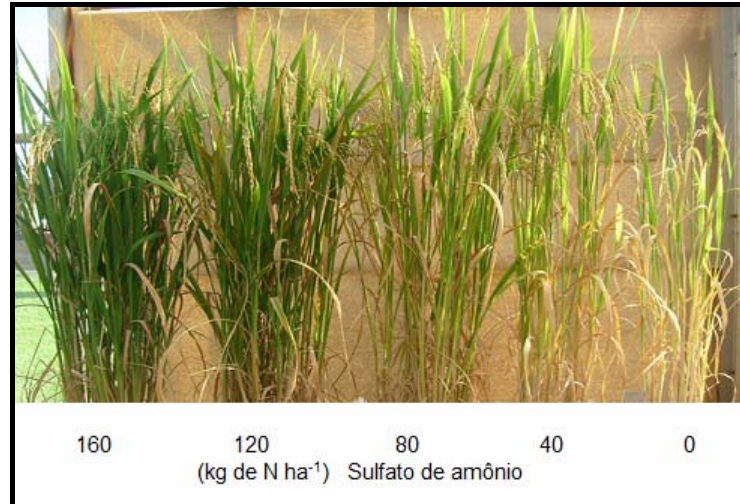
- Independentemente da fonte utilizada a eficiência agrônômica reduz linearmente com o aumento nas doses de nitrogênio.

- O sulfammo apesar de aumentar o número de grãos cheios, não influencia significativamente na produtividade da cultura de arroz de sequeiro.

ANEXOS

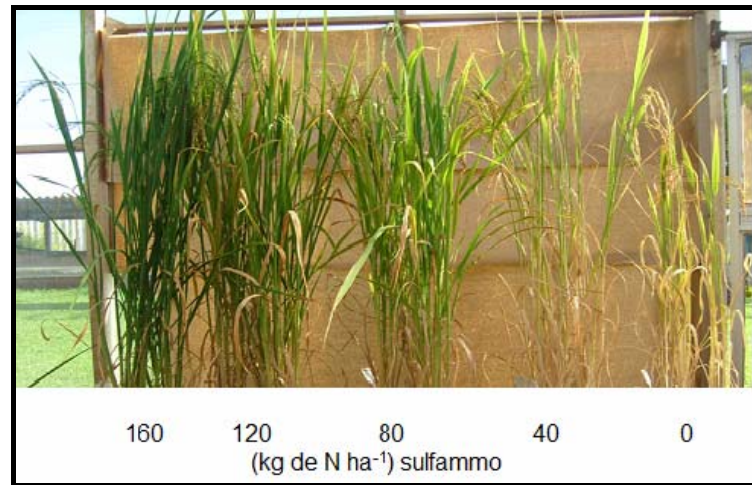
ANEXO A

Estado Final do Experimento com Sulfato de Amônio



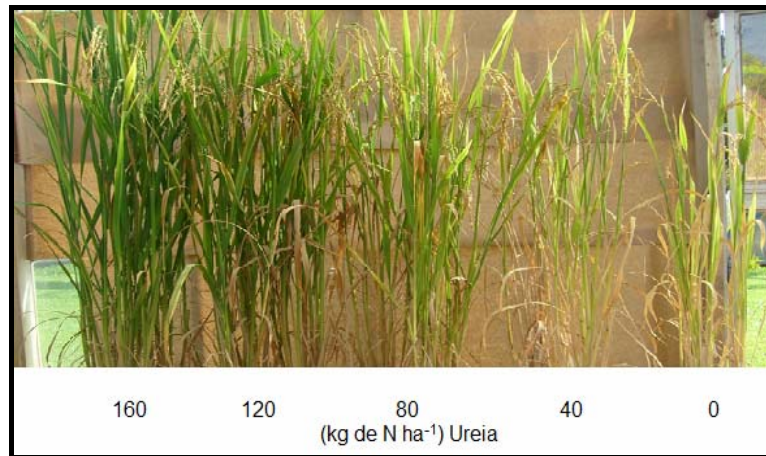
ANEXO B

Estado Final do Experimento com Sulfammo



ANEXO C

Estado Final do Experimento com Uréia



REFERENCIAS

- ANDRADE, F. R; PETTER, F. A; NÓBREGA, J. C. A; PACHECO, L. P; ZUFFO, A. M. Desempenho agronômico do milho a doses e épocas de aplicação de nitrogênio no Cerrado piauiense. **Rev. Cienc. Agrar**, v. 57, n. 4, p. 358-366, 2014
- ALFONZO, N; ESPAÑA, M; LÓPEZ, M. CABRERA-BISBAL, E; ABREU, P. Eficiencia de uso del nitrógeno en arroz de secano en un suelo ácido del occidente del estado guárico. **Agronomía Trop**, v. 61, n. 3-4, p. 215-220. 2011
- ALVAREZ, R. F; CRUSCIOL, C. A; NASCENTE, A. S. Produtividade de arroz de terras altas em função de reguladores de crescimento. **Rev. Ceres**, vol.61, n.1, p. 42-49. 2014.
- ALVES, B, J, R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F, M.; HECKLER, J, C.; MACEDO, R, A.; BODDEY, R, M.; JANTALIA, C, P.; URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesq. agropec. bras**, v.41, n.3, p.449-456, 2006.
- ARAÚJO, J; FAQUIN, V; VIEIRA, N; OLIVEIRA, M; SOARES, A; RODRIGUES, C; MESQUIA, A. Crescimento e Produção do Arroz Sob Diferentes Proporções de Nitrato e de Amônio. **R. Bras. Ci. Solo**, v.36, p. 921-930. 2012.
- AZAMBUJA, V; VERNETTI, J; MAGALHÃES. M. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, S; MAGALHÃES M. Arroz Irrigado no sul do Brasil. Brasília: **Embrapa informação Técnica**. 2004.
- BALDANI, V.L; BALDANI, J. I; DÖBEREINER, J. Inoculation of rice plants with the endophytic diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *Burkholderia spp.* **Biology and Fertility of Soils**. v. 30, n. 5, p. 485-491. 2000.
- BOLDIERI, F. M; CAZETTA, D. A; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. **Rev. Ceres**, v. 57, n.3, p. 421-428, 2010
- BLUMENTHAL, J. M; BALTENSPERGER, D. D; CASSMAN, K. G; MASON, S. C; PAVLISTA, A. D. mportance and Effect of Nitrogen on Crop Quality and Health. In: Hatfield, J. L; Follett, R. F. **Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management**. P.200. 2008.
- BREDEMEIER, C; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372. 2000.
- BRITTO, D. T; KRONZUCKER, H. J. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. **Journal Plant Physiol.**, v. 159, p. 567–584. 2002.

BUFOGLE, A; BOLLIICH, P, K. KOVAR, J. L; LINDAU, C. W; MACCHIAVELLID, R. E. Comparison of ammonium sulfate and urea as nitrogen sources in rice production. **Journal of Plant Nutrition**, 21(8), p. 1601-1614. 1998.

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

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R; ALVAREZ, V; BARROS, N; FONTES, R; CANTARUTTI, R; NEVES, C. **Fertilidade do Solo** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. p. 1016.

CHANH, T. T; TSUTSUMI, M; KURIHARA, K. Comparative study on the response of Indica and Japonica rice plants to ammonium and nitrate nitrogen, **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 27 n, 1. P. 83-92, 1981

COBUCCI, T; FAGERIA, N. K; REIS, R; LIMA, D; SILVA, B. Eficiência do uso do nitrogênio pelo arroz de terras altas. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. XXIX, **Fertibio**, 2010 Guarapari – ES, Brasil.

CONTRERAS, F; MENDES, F; OTTO, R; MATIAS, G; GHIBERTO, G; TRIVELIN, P. Eficiencia agronómica de fuentes de fertilizantes marcados con 15N en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). **Revista Agropecuaria y Forestal APF**. v. 1, n. 1, p. 9-14. 2012.

COSTA, M; VITTI, G; CANTARELLA, H. Em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, p.631-637, 2003.

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

CRUSCIOL, C; MACHADO, R; ARF, O; RODRIGUES, R. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura e, arroz de terras altas. **Scientia Agricola**, v.56, n.1, p. 63-70. 1999.

CRUZ, R, P.; MILACH, S, K.; FEDERIZZI, L, C. Rice cold tolerance at the reproductive stage in a controlled environment. **Sci. agric**. v.63, n.3, p.255-261. 2006.

DOBERMANN, A; FAIRHURST, T. Ecosistema del arroz. In: DOBERMANN, A; FAIRHURST, T. **Arroz desordenes nutricionales y manejo de nutrientes**. potash & Phosphate institute, Phosphate institute of canada. 2000. p. 214.

DUARTE, M. F; POCOJESKI, E; SILVA, L; GRAUPE, A. F; BRITZKE, D. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de ureia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.705-711, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. **Sistema Brasileiro de classificação do solo**. (3 ed.), Brasília, DF. Brasil. 2013. 353p.

ESPINDULA, M. C; ROCHA, V. S; SOUZA, M. A; GROSSI, J. A; SOUZA, L. T. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciênc. agrotec**, v. 34, n. 6, p. 1404-1411, 2010

FABRE, D. V; CORDEIRO, A. C; FERREIRA, G, B; VILARINHO, A. A; MEDEIROS, R. D. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de várzea. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 29-38. 2011.

FAGERIA, N, K.; SANTANA, E, P.; MORAIS, O, P. Resposta de génotipos de arroz de sequeiro favorecida a fertilidade de solo. **Pesq. Agropec. Bra.** v. 30, n. 9, p. 1155-1161. 1995.

FAGERIA, N. F; KNUPP, A. M. Upland rice phenology and nutrient uptake in tropical climate, **Journal of Plant Nutrition**, v. 36, p. 1–14, 2013.

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro. Campus Ltda. 1984. p. 340.

FAGERIA, N. K. **Mineral nutrition of rice**. Boca Raton, FL. CRC Press. 2013. 586p.

FAGERIA, N. K. **Nitrogen management in crop production**. Boca Raton, FL. CRC Press. 2011. 436p.

FAGERIA, N. K. Yield physiology of rice. **Journal of Plant Nutrition**. v. 30, p. 843–879. 2007.

FAGERIA, N. K; BALIGAR V. C; JONES C. A. **Growth and Mineral Nutrition of Field Crops**. 3 ed. Boca Raton, FL. CRC Press. 2011. 586 p.

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

FAGERIA, N. K; CARVALHO, M. C. S; DOS SANTOS, F. C. Response of Upland Rice Genotypes to Nitrogen Fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v, 45, n, 15. p. 2058 – 2066. 2014.

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

FAGERIA, N. K; SANTOS, B; STONE, F. **Manejo da fertilidade do solo para arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás; Embrapa Arroz e feijão, 2003. 250p

FAGERIA, N. K; SANTOS, A. B; BARBOSA FILHO, M. P; MOREIRA, A. Influência de fontes de nitrogênio na produtividade e eficiência de uso em arroz irrigado. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**, 6, 2009, Porto Alegre.

Estresses e sustentabilidade: desafios para a lavoura arrozeira: anais. Porto Alegre: Sosbai, 2009.

FAGERIA, N.; MOREIRA, A.; MORAES, L.; MORAES, M. Nitrogen Uptake and Use Efficiency in Upland Rice under Two Nitrogen Sources. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.45, n.4, p. 461-469, 2014.

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

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

FERREIRA, J.S; SABINO, D. C; GUIMARÃES, S. L; BALDANI, J. I; BALDANI, V. L. Seleção de veículos para o preparo de inoculante com bactérias diazotróficas para arroz inundado. **Agronomia**, vol. 37, nº 2, p. 06 - 12, 2003.

FERRAZ, E, C. FISILOGIA DA CULTURA DE ARROZ. In; FERREIRA, M.; YAMADA. T.; MALAVOLTA. E. **Cultura do arroz de sequeiro. Fatores afetando a produtividade**. PIRACICABA. 1983. p .422.

FERREIRA, D. Sisvar a computer statical analysis. **Ciencia e agrotecnologia**, v.35, n.6, p. 1039 -1042. 2011.

FIDELIS, R. R; ROTILI, E. A; SANTOS, M. M; BARROS, H. M; RODRIGUES, A. M. Eficiência quanto ao uso e resposta à aplicação de nitrogênio de cultivares de arroz em solos de terras altas no sul do estado de tocantins, SAFRA 2007/2008. **Biosci. J., Uberlândia**, v. 28, n. 3, p. 432-438. 2012.

FONSECA, A. E; ARF, O; JÚNIOR, V. O; BUZETTI, S; RODRIGUES, R. A. Preparo do solo e doses de nitrogênio em cobertura em arroz de terras altas. **Pesq. Agropec**, v. 42, n. 3, p. 246-253. 2012

FREITAS, J; CANTARELLA, H; SALOMON, M; MALAVOLTA, V; CASTRO, L; GALLO, P; AZZIN, L. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, v.66, n.2, p.317 – 325. 2007.

GALVANI, F; GAETNER, E. Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta. **Embrapa - Circular Técnica**, n. 63, 1(ed). 2006.

GUIMARÃES, C. M; FAGERIA, N. K; BARBOSA FILHO, M. P. Como a planta de arroz se desenvolve. Piracicaba, Potafós. p.1-2. 2002.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Adubação nitrogenada do arroz de terras altas no Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.210-214, 2003.

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

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

HOLZSCHUH, M. J. et al. Rice growth as affected by combined ammonium and nitrate supply. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1323-1331, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Indicadores IBGE** Estatística da Produção Agrícola. Março de 2015. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/calendario.php>. Acesso em: 27.ago.2015

JUNIOR, C, C.; MARISA, C, P.; PLÍNIO, B, C.; MARTIAL, Y, B.; MARCOS, M, S. Nitrogênio e abundância natural de ^{15}N em agregados do solo no bioma Cerrado Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, **Agrárias e da Saúde**, vol. 15, n. 2, pp. 47-66. 2011.

JUNIOR, F, B.; SILVA, L, G.; REIS, V, M.; DOBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas em diferentes genótipos de cana de açúcar. **Pesq. agrop. Bra**, v. 35, n. 5, p. 985-994. 2000.

KAMEKAWA, K. I; NAGAI, T; SEKIYA, S. I; YONEYAMA, T. Nitrogen uptake by paddy rice (*Oryza sativa* L.) from ^{15}N labelled coated urea and ammonium sulfate. **Soil ScL Plant Nutr**, v. 36, n. 2, p. 333-336, 1990

KANEKO, F. **Inoculação com *azospirillum brasilense*, fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em duas épocas de semeadura**. 2013. 103 fls. Tese Doutorado (sistemas de produção) - Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira- SP. 2013

ROSSO, A. F. **Caracterização genética e fenotípica para tolerância ao frio e características agronômicas em arroz irrigado**. 2006. 98 fls. Tese Doutorado (Fitotecnia) – Universidade Federal Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2006

KRONZUCKER, H.J; KIRK, G. J. D; SIDDIQI, M. Y; GLASS, A. D. M. Effects of hypoxia on ^{13}N fluxes in rice roots. Kinetics and compartmental analysis. **Plant Physiol.**, v.116, p. 581–587. 1998.

LANNA, A.C; SILVEIRA, P, M; MOZANIEL, B.F; TATIANA, M; KLIEMANN, H. J. Atividade de uréase no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.6, p. 1933-1939. 2010.

LARA-CABEZAS, W; PÁDUA, R. V. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *brachiaria ruziziensis*, cultivada no sistema santa fé. **Bragantia**, v.66, n.1, p.131-140, 2007.

LARA CABEZAS, W; KORNDÖRFER, G; MOTTA, A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 21, n. 3, p. 489-496, 1997.

LARA-CABEZAS, W; TRIVELIN, P; KORNDORFER, G; PEREIRA, S. Balanço nitrogenado da adubação sólida e fluida de cobertura na cultura de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 24, n. 2, p. 363-376. 2000

Levantamento sistemático da produção agrícola. LSPA. **Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil/Fundação Instituto Brasileiro de geografia e Estatística**. jan. 2011. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201010.pdf. Acesso em: 27 ago. 2015. Rio de Janeiro.

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

LOPES, S. I. G., VOLKWEISS, S. J., TEDESCO, M. J. A acumulação de matéria seca e absorção de nutrientes pela cultura de arroz irrigado. **Lavoura arroeira**, Porto Alegre, v. 46, n. 411, p. 3-6, 1993.

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

MAE, T.; OHIRA, K. The Remobilization of Nitrogen Related to Leaf Growth and Senescence in Rice Plants (*Oryza sativa* L.). **Plant and Cell Physiology**. v.22, n. 6, p. 1067-1074. 1981.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda. 2006. 631p.

MARCHESAN, E; Grohs, G; SANTOS, D. S; FORMENTINI, T. C; SILVA, L. S; SARTORI, G. M; FERREIRA, R. B. Fontes alternativas à ureia no fornecimento de nitrogênio para o arroz irrigado. **Cienc. Rural**, v.41, n.12, p. 2053-2059. 2011

MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Waltham: Academic press, 2011. 672p.

NAYAR, N. M. **Origins and Phylogeny of rice**. Trivandrum, india: Elseiver. 2014. 325p

NOKKOUL, R.; WICHITPARP, T. Effect of drought condition on growth, yield and grain quality of upland rice. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 9, n.3, p. 439-444, 2014.

NOVAIS, R; NEVES, J; BARROS, N. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. **Métodos de pesquisa agrícola do solo**, Embrapa – SEA. p. 392. 1991.
NOVOA, R; LOOMIS, R, S. Nitrogen and plant production. **Plant and Soil**, v. 58, p.177-204. 1981.

OLIVEIRA, E. Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná. **Instituto Agrônomo Do Paraná**, circular n.128. 2003.

PINHEIRO, P. V; JÚNIOR, S. L; OLIVEIRA, J. P; GUIMARÃES, C. M; STONE, L. F; MADARI, B. E; FILIPPI, M. C. C; PEREIRA, H. S; EIFERT, E. C; SILVA, J. F; WEDLAND, A; JUNIOR, M. L; FERREIRA, E. P. Variáveis experimentais da embrapa de arroz e feijão. **Documento 250**. Embrapa. 2009. 80 p.

PROCHNOW, L. I. **IPNI-BRASIL**: Nova missão, novos tempos. **INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS** Nº 120. Dezembro. 2007.

QUINTERO, C. E; PRATS, F; ZAMERO, M. A; ARÉVALO, E. S; SPINELLI, N. B; BOSCHETTI, G. N. Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes formas de nitrógeno aplicado previo al Riego. **Ci. Suelo** (Argentina), v. 29, n.2, p. 233-239, 2011

RODRIGUES, E. P; RODRIGUES, S. L; OLIVEIRA, A. L; BALDANI, V. L; TEIXEIRA, K. R; URQUIAGA, S; REIS, V. M. Azospirillum amazonense inoculation: effects on growth, yield and N₂ fixation of rice (*Oryza sativa* L.) **Plant Soil**. 302:249–261. 2008

ROS, C; SILVA, R.F BASSO, J.B; SILVA, V.R.; nitrogênio disponível no solo e acumulado na cultura do milho associado a fontes nitrogenadas de eficiência aumentada. Enciclopédia biosfera, **Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v.11 n.21; p. 1374. 2015

RUSSO S. Rice yield as affected by the split method of 'N' application and nitrification inhibitor DCD. In: Chataigner J. (ed.). Perspectives agronomiques de la culture du riz en Méditerranée: réduire la consommation de l'eau et des engrais . CIHEAM, **Cahiers Options Méditerranéennes**, v.15, n. 1, p. 43-52. 1996

SANGOI, L; ERNANI, P; LECH, V; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da ureia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 65-70. 2003

SCHWERZ, F; CARON. B. O; SCHMIDT. D; OLIVEIRA. D. M; ELLI. E. F; ELOY. E; ROCKENBACH. A. P. Growth retardant and nitrogen levels in wheat agronomic characteristics. **Jaboticabal** v.43, n.2, p.93–100, 2015

SCIVITTARO, W.B; MACHADO, M.O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S., MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Org). **Arroz**

irrigado no Sul do Brasil. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.cap.9, p.259-303

SINGH, B. K; MODGAL, S. C. Dry matter production, phosphorus, and potassium uptake as influenced by levels and methods of nitrogen application under rainfed upland rice. **Plant Soil**, 50, p. 691-694, 1978.

SIMPSON, R, J.; LAMBERS, H.; DALLING, M, J. Nitrogen Redistribution during Grain Growth in Wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Physiology** v. 71, p. 17-14. 1983.

SILVA, L; BOHNEN, H; MARCOLIN, E; MACEDO, R.V; POCOJESKI, E. Resposta a doses de nitrogênio e avaliação do estado nutricional do arroz irrigado. **Revista Brasileira. Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 189-194, abr-jun, 2007.

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. **Ciênc. agrotec**, v. 33, n. 1, p. 298-304. 2008.

SOUZA, R; FERNANDES, M. Nitrogênio. In: FERNANDES. Manlio, **Nutrição Mineral de Plantas: Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2006.** 432p.

SOUZA, L. C. D; SÁ, M. E; MARTINS, H. S. D; ABRANTES, F. L; SILVA, M. P; ARRUDA, N. Produtividade e qualidade de sementes de arroz em resposta a doses de calcário e nitrogênio. **Revista Trópica**, v.4, n.2, p.27-35, 2010.

STONE, F.L; SILVEIRA, M.P; MOREIRA, A.J; YOKOYAMA, P.L. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesq. Agrope. Bras**, v.34, n.6 pp. 926-932. 1999.

STONE, L. F; DA SILVA, J. G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesq. Agrope. Bras**, v. 33, n. 6, 891-897 1998.

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, **Circular Técnica 69**, Embrapa – Cnpaf, Goiânia, 2005, 4p.

STRECK, N; BOSCO, L; MICHELON, S; WALTER, L; MARCOLIN E. Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1086-1093. 2006.

STRECK, N; MICHELON, S; ROSA, H; WALTER, L; BOSCO, L; PAULA, G; CAMERA, C; SAMBORANHA, F; MARCOLIN E; LOPES, S. Filocrono de genótipos de arroz irrigado em função de época de semeadura. **Ciência Rural**. v. 37, n. 2, p 323-329. 2007.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesq. Agrope. Bras**, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

VILLALBA, H; LEITE, J; OTTO, R; TRIVELIN, P. Fertilizantes nitrogenados: novas tecnologias. **Informações agrônômicas**. N. 148. Dezembro 2014.

YOSHIDA, S. Effects of temperature on growth of the rice plant (*Oryza sativa* L.) in a controlled environment. **Soil Science and Plant Nutrition**, 19:4, 299-310. 1973.

VARGAS, J. P. Ecología del cultivo. In: TASCÓN, E.; GARCÍA, E. **Arroz: Investigación y producción**. CIAT, ONUD, 1985.