

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE ENTRADA DE ÁGUA
NA APLICAÇÃO DA URÉIA E CRESCIMENTO DO
ARROZ IRRIGADO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Maiquel César Schüller

**Itaqui, RS, Brasil.
2015**

MAIQUEL CÉSAR SCHÜLLER

**INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE ENTRADA DE ÁGUA APÓS A
APLICAÇÃO DA URÉIA E CRESCIMENTO DO ARROZ IRRIGADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Itaqui, RS, Brasil
2015

MAIQUEL CÉSAR SCHÜLLER

**INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE ENTRADA DE ÁGUA APÓS A
APLICAÇÃO DA URÉIA E CRESCIMENTO DO ARROZ
IRRIGADO**

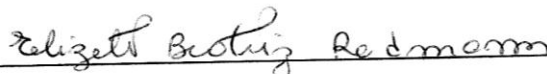
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Agronomia da Universidade
Federal do Pampa (UNIPAMPA),
como requisito parcial para obtenção
do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 03 de julho de
2015.

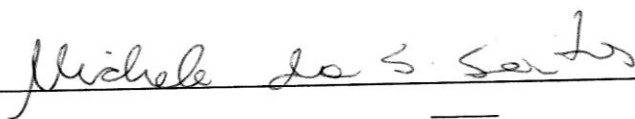
Banca examinadora:



Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler
Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof. Dra. Elizete Beatriz Radmam
Curso de Agronomia – UNIPAMPA



Prof. MSc. Michele da Silva Santos
Curso de Agronomia – UNIPAMPA

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Valcir Darci Schüller e a minha mãe Veronesia Vanderleia Beskow Schüller que possibilitaram a realização deste sonho, aos meus irmãos Emilio Mateus Schüller e Bruno Raul Schüller pelo incentivo na minha formação profissional. Dedico a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste curso.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler pela orientação, pelo apoio para que eu realizasse o curso de graduação e pela orientação no trabalho de conclusão de curso.

Aos demais professores, minha gratidão a todos que estão contribuindo na minha formação profissional.

A Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, pela oportunidade de realização deste curso.

A todos os colegas do curso pelo convívio e pelos momentos de amizade, em especial aos amigos de convívio diário Felipe Hendges, Felipe Schopf e Matheus Delapasse.

RESUMO

INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE ENTRADA DE ÁGUA NA APLICAÇÃO DA URÉIA E NO CRESCIMENTO DO ARROZ IRRIGADO

Autor: Maiquel César Schüller

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Local e data: Itaqui, 02 de Julho de 2015.

O arroz é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. O Rio Grande do Sul se destaca como o maior produtor nacional, sendo responsável por mais de 61% do total produzido no Brasil, seguido por Santa Catarina com produção em torno de 9%. Esse grande volume produzido nos dois Estados Sulinos, totalizando cerca de 70%, é considerado estabilizador para o mercado brasileiro e garante o suprimento desse cereal à população brasileira. O objetivo deste trabalho é avaliar três cultivares de arroz irrigado, submetidas a épocas de entrada de água e formas de aplicação de nitrogênio. Foram realizados três experimentos em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e 4 repetições. Os experimentos foram constituídos pelas cultivares de arroz irrigado Guri, Puitá Inta CI e Irga 409. Os tratamentos foram seis épocas da entrada da água: T1- entrada de água no dia anterior; T2- entrada de água logo após a aplicação da uréia; T3- entrada de água um dia após a aplicação de uréia; T4- entrada de água dois dias após a aplicação de ureia; T5- entrada de água quatro dias após a aplicação de uréia; T6- entrada de água seis dias após a aplicação de ureia. Para as variáveis analisadas, altura de plantas, massa seca da parte aérea e números de perfilhos, na cultivar Guri houve significância apenas para a altura de plantas. Já para a cultivar Puitá Inta CI, houve significância para a altura e número de perfilhos, porém a cultivar Irga 409, não apresentou significância a nenhuma variável analisada. Cada genótipo de arroz responde diferentemente aos manejos.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, nitrogênio, desenvolvimento.

ABSTRACT

INFLUENCE OF WATER SUPPLY OF SEASON AFTER UREA APPLICATION ON RICE GROWTH IRRIGATION

Author: Maiquel César Schüller

Advisor: Amauri Nelson Beutler

Data: Itaqui, July 02, 2015.

Rice is one of the most important foods for human nutrition, being the staple food of more than three billion people. The Rio Grande do Sul stands out as the largest national producer, accounting for over 61% of total production in Brazil, followed by Santa Catarina with production around 9%. This large volume produced in the two southern states, totaling about 70%, is considered stabilizer for the Brazilian market and ensures the supply of this grain to the Brazilian population. The objective of this study is to evaluate three cultivars of rice, subjected to water inlet times and ways of nitrogen application. We conducted three experiments in completely randomized design with six treatments and four repetitions. The experiments were made by rice cultivars Guri, PUITA Inta Cl and Irga 409. The treatments were six times the water intake: T1 water intake the day before; T2 input water after the application of urea; T3 water intake a day after the application of urea; T4 water intake two days after the application of urea; T5- water inlet four days after the application of urea; T6- water intake six days after the application of urea. For variables, plant height, dry weight of shoot and tiller numbers, we can report that to cultivate Guri was significant only for plant height. As for the growing PUITA Inta Cl indicated significant height and tiller number, however cultivating Irga 409, showed no significance to any variable analyzed. We conclude that each rice genotype responds differently to managements that are applied and that each of these genotypes should be evaluated on the production site, it will have the effect of environment that will assist in the loss of N.

Keywords: *Oryza sativa*, Harvest, Grain yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Plantas de arroz em vasos com capacidade de 10 L (a) e a figura (b) mostra a aplicação de N e o estágio que ocorreu o desbaste.....17

Figura 2: Foto de Brusone nas folhas (a), foto da medição da altura das plantas (b) e figura ilustrativa da altura de corte das plantas para avaliação da massa seca da parte aérea(c).....18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quadro de Análise de variância para altura de plantas, massa seca da parte aérea, número de perfilhos de arroz irrigado por inundação, cultivar Guri.....19

Tabela 2: Quadro de Análise de variância para altura de plantas, massa seca da parte aérea, número de perfilhos de arroz irrigado por inundação, cultivar Puitá Inta Cl.....20

Tabela 3: Quadro de Análise de variância para altura de plantas, massa seca da parte aérea, número de perfilhos de arroz irrigado por inundação, cultivar Irga 409..... 21

Tabela 4: Eficiência de diferentes tempos de entradas de água após a aplicação de uréia na altura de plantas, massa seca da parte aérea e número de perfilhos, nas cultivares Guri, Puitá Inta-CL e Irga 409.....23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	17
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
5 REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. É o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando uma área aproximada de 158 milhões de hectares (Sosbai, 2014).

O arroz é cultivado nos cinco continentes, tanto em regiões tropicais como temperadas. Na Ásia se concentra mais de 90% da produção mundial, como também os principais consumidores do cereal. Com uma produção de aproximadamente 195 milhões de toneladas, a China ocupa a posição de principal produtor mundial; em segundo lugar, a Índia, que produz 132,7 milhões de toneladas, seguida pela Indonésia, com uma produção de 50,7 milhões de toneladas de arroz.

No Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul (RS) produz 61% dos grãos de arroz, sendo este cultivado no sistema irrigado por inundação, o qual apresenta elevada produtividade comparada ao arroz de sequeiro (Sosbai, 2014). No RS, a região da Fronteira Oeste, com destaque para os municípios de Uruguaiana e Itaqui, são os maiores produtores nacionais de arroz e responsáveis pelas maiores produtividades no estado, evidenciando o potencial dessa região. As produtividades médias do arroz irrigado nos Estados do RS e Santa Catarina (SC) são de 7.439 kg ha⁻¹ (Sosbai, 2014), porém produtividades superiores a 11.000 kg ha⁻¹ são obtidas quando são utilizadas tecnologias preconizadas para a cultura na Fronteira Oeste do RS (Beutler et al., 2014).

Dentre os fatores que afetam a produtividade da cultura do arroz, o manejo da adubação e da irrigação desempenham papel fundamental na disponibilidade de nutrientes às plantas, tendo em vista que a dinâmica dos elementos no solo é bastante diferenciada e variável em condições aeróbias e anaeróbias. A resposta do arroz irrigado à adubação nitrogenada depende da interação de vários fatores, que são: suprimento de nutrientes do solo, tipo de planta, época e densidade de semeadura, controle de plantas daninhas, estado fitossanitário, sequência de culturas, fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado e condições climáticas, particularmente temperatura e radiação solar (Scivittaron e Machado, 2004). Para isso, torna-se necessário o conhecimento dos fatores que limitam o

desenvolvimento da cultura e das práticas necessárias para controlá-las, quando se visam altos rendimentos de grãos (Filho & Fornasieri, 2006).

Um dos nutrientes mais influenciados pelas condições ambientais e de manejo no cultivo de arroz irrigado é o nitrogênio (N), o qual possui uma dinâmica complexa devido à diversidade das formas químicas, reações e processos aos quais está envolvido. Essa dinâmica reflete diretamente sobre a eficiência do N aplicado via fertilizantes minerais. A eficiência do N oriundo de fertilizantes minerais é bastante variável; entretanto, raramente excede 50% da quantidade aplicada (Fillery et al., 1984), o que reforça a necessidade de entendimento dos fatores e processos que determinam tal eficiência.

Nesse sentido, o uso de fertilizantes nitrogenados no cultivo do arroz irrigado visa alcançar altas produtividades. Porém, em consequência do uso ineficiente desse fertilizante, tem-se aumentado a perda de nitrogênio para o ambiente e aumentado à demanda desse nutriente. Isso ocorre, principalmente, devido às perdas gasosas, sendo a volatilização de amônia uma destas vias. O processo de perda do N por volatilização de amônia consiste na passagem da amônia à atmosfera, conforme a seguinte reação: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^-_{(\text{aquoso})} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3_{(\text{gás})}$, sendo este processo muito rápido, principalmente em solos com umidade e temperatura adequadas para o crescimento e desenvolvimento das plantas no verão (Cantarella, 2007).

Outro fator importante a ser considerado é o manejo da entrada da água, que, segundo Sosbai (2014) é fundamental para o aproveitamento do N e desempenho da cultura. A água, além de influenciar nos aspectos físicos das plantas, interfere na disponibilidade de nutrientes, na população e espécies de plantas daninhas e na incidência de determinadas pragas e doenças.

A época de início da irrigação está relacionada com práticas de manejo como método de controle de plantas daninhas, herbicidas utilizados, aplicação de N em cobertura e ciclo da cultivar. De modo geral cultivares de ciclo muito precoce e precoce, por serem mais sensíveis a estresses, requerem que a irrigação inicie mais cedo, nos estádios de três a quatro folhas, enquanto que para cultivares de ciclo médio e tardio, o início da submersão do solo pode postergado para os estádios de quatro a cinco folhas (Sosbai, 2014).

Portanto, o manejo da água está relacionado com o sistema de produção, sendo o que predomina no RS é o sistema de cultivos em taipas em nível, onde que

o cultivo é realizado em grandes áreas e às vezes com altas declividades, podendo haver o atraso na entrada de água em alguns locais e às vezes até a falta.

A água vem tornando-se um recurso cada vez mais escasso, sendo sua disponibilidade um fator limitante para o cultivo do arroz irrigado por inundação do solo em determinadas regiões. Na produção de arroz no RS, o sistema de irrigação utilizado é o de inundação, com manutenção da lâmina de água contínua por um período médio de 80 a 100 dias, dependendo do ciclo da cultivar. A quantidade de água utilizada neste sistema varia entre 8 a 10 mil $m^3 ha^{-1}$ e a eficiência de uso da água (EUA) é de 0,8 a 1,1 kg de arroz produzido por m^3 de água utilizada (Marcolin et al., 2009).

No RS, tradicionalmente é utilizada a irrigação contínua com água corrente, que se caracteriza por uma elevada quantidade usada e baixa eficiência (Corrêa et al., 1997). Apesar disso, Cordeiro et al. (2004) encontrou produtividades semelhantes, utilizando irrigação contínua e intermitente por inundação.

A quantificação do volume de água utilizado durante o ciclo da cultura de arroz irrigado foi feita por Marcolin & Macedo (2001) nos sistemas de cultivo convencional, plantio direto e pré-germinado. Os sistemas de cultivo não interferiram no volume de água utilizado pelas plantas, apesar das diferenças de manejo de água para o seu estabelecimento. O volume médio de cinco safras consecutivas alcançou valores em torno de $8.000 m^3 ha^{-1}$ em anos, havendo períodos de excesso e de deficiência de chuvas. Machado (2003) quantificaram volumes entre 5.400 e $6.500 m^3 há^{-1}$ em duas safras consecutivas, sem contabilizar a água proveniente de chuvas e concluíram também que, os diferentes sistemas de cultivo não influenciaram no volume utilizado. Para as condições de solo, sistema de cultivo e de clima de Santa Catarina, o volume de água utilizado durante o ciclo da cultura de arroz variou de 5.700 a $7.900 m^3 ha^{-1}$ (Eberhardt, 1994).

O N esta presente em abundância no meio ambiente, correspondendo a 78% da atmosfera, como N_2 (Cantarella, 2007).

No caso dos fertilizantes, a importância do N para o arroz irrigado é indiscutível, já que é o nutriente que a planta de arroz acumula em maior quantidade, com exceção do potássio (Fageria et al., 2007). As plantas absorvem na forma inorgânica amoniacal (NH_4^+) e nítrica (NO_3^-), liberadas pela mineralização do N- orgânico (Cantarella e Montezano, 2010), ou fornecido via fertilizante.

Os principais processos de transformação do N são: mineralização, imobilização, nitrificação, desnitrificação e volatilização, sendo, nos solos alagados, a desnitrificação e volatilização os mais importantes (Buresh et al., 2008). Nesse ambiente, as perdas de N apresentam diferentes proporções, em comparação aos solos oxidados. Assim, dependendo do tipo de solo, condições meteorológicas e manejo do fertilizante, os impactos econômicos e ambientais podem variar (Cantarella e Montezano, 2010). Segundo Marta Júnior (2004), as perdas podem chegar a até 80% do fertilizante aplicado na lavoura.

A decomposição e mineralização da matéria orgânica (MO) transformam o N orgânico nas formas amoniacal (NH_3^+) e, posteriormente, nítricas (NO_3^-), as quais são aproveitáveis pelas plantas (Scivittaro e Machado, 2004).

Segundo Camargo et al. (1999), a matéria orgânica é a principal fonte de N para as culturas e cerca de 95% do N do solo encontra-se em formas orgânica reduzidas, não disponíveis para as plantas. É por meio da decomposição da MO que o N é liberado sob a forma mineral em diferentes velocidades, dependendo da sua recalcitrância e resistência ao ataque microbiano (Camargo et al., 1997). Assim, tendo em vista que os fatores que afetam a decomposição e a mineralização são distintos nos solos, a disponibilidade de N é também bastante variável (Sosbai, 2005) e, portanto, cada solo possui capacidade intrínseca de fornecer N a partir da decomposição da MO.

O potencial de mineralização do N é definido como a fração do N orgânico do solo suscetível a mineralização e, a taxa de mineralização é a velocidade com que o N é mineralizado (Camargo et al., 1997). O conhecimento das taxas de mineralização permite avaliar o suprimento, os estágios de maior disponibilidade e a necessidade de adubação nitrogenada para as culturas (Potter e Tedesco, 1979), podendo-se, a partir da estimativa destas variáveis, ajustar a recomendação de adubação nitrogenada para as culturas.

No sistema de produção de arroz irrigado, uma das possíveis perdas do N aplicado em cobertura com uréia é por meio da volatilização da amônia. O processo de perda do N por volatilização de amônia consiste na passagem da amônia à atmosfera, conforme a seguinte reação: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ (aquoso) $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$ (gás).

Assim, quando a uréia é aplicada ao solo, o processo de perda N- NH_3 por volatilização envolve inicialmente a hidrólise por meio da urease, que é uma enzima

extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo ou, ainda, originada de restos vegetais.

Em solos bem drenados a umidade do solo afeta a dissolução, hidrólise e transporte dos produtos formados. Assim, deve existir umidade adequada para que ocorram as transformações da uréia em N-NH_4^+ e as chuvas subsequentes à aplicação são benéficas evitando as perdas por volatilização de amoníaco (Fenn e Hossner, 1985).

Em solos alagados a taxa de transformação da uréia é um processo muito rápido segundo distintos autores. Assim, foram confirmados por Katyal & Gadalla (1990) 100% da hidrólise da uréia em oito dias. Resultados bastante similares a estes foram relatados por Simpson et al. (1984), que após o décimo dia de aplicação não encontraram uréia na água de inundação.

De acordo com Mikkelsen (1987), existe na literatura uma grande variabilidade na magnitude de perda de N por volatilização de amônia, ligada a sistemas imperfeitos de medida e a um complexo intervalo de práticas culturais, manejo da água, variáveis de solo e a atmosfera, que fazem as quantidades perdidas sejam muito específicas do local onde foi feita a avaliação.

Em experimentos realizados nos Estados Unidos e na Austrália distintos autores concluíram da superioridade, em parâmetros vegetativos, na nutrição da planta e produção de grãos, da aplicação do N em solo seco na forma de uréia, antes de inundar, comparado com a aplicação pouco depois da inundação, na água (Heenan e Bacon, 1989).

Quando o N é aplicado em solo bem drenado na forma de uréia, antes de inundar, movimenta-se no solo em uma maior profundidade acompanhando o movimento da água e ficando retido como N-NH_4^+ nos colóides do solo (Humphreys et al., 1987).

A uréia aplicada na água difunde-se até o solo subjacente ficando nos primeiros centímetros do solo e é hidrolizada a N-NH_4^+ . Também, sua concentração incrementa na água de inundação. O N-NH_4^+ formado difunde-se tanto para a água, onde pode ser volatilizado, ou para o solo onde pode ser nitrificado na camada oxidada e, portanto desnitrificado (Katyal e Gadalla, 1990). Com aplicação de uréia na água Humphreys et al. (1988) constataram perdas de N que variavam entre 11 e 45% do N aplicado.

Trabalhando com a modalidade de incorporação de uréia no solo Montero (1993) encontraram produção de grãos superiores comparado ao método tradicional de aplicação de uréia na água. Também Schnier (1995) tem demonstrado a efetividade da injeção no solo a 5 – 7 cm de profundidade de uma solução de uréia no sistema de arroz de transplante.

Apesar dos relatos anteriores, outros pesquisadores não constataram diferenças nos caracteres produtivos da lavoura aplicando uréia em solo seco ou com água (Marin & Sanabria, 1999).

Portanto o objetivo deste trabalho é avaliar três cultivares de arroz irrigado, submetidas a épocas de entrada de água e formas de aplicação de nitrogênio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na safra 2014/2015 nas coordenadas geográficas 29° 12' 28" Sul e 56° 18' 28" Oeste e 64 m de altitude. O experimento foi realizado em vasos de 10 L, preenchidos com aproximadamente (8 L solo vaso⁻¹) (Figura 1a). O solo foi retirado de uma camada de 0-20 cm em um Plintossolo Háplico (Embrapa, 2013), peneirado em uma peneira de 4 mm e corrigido de acordo com o manual de adubação e calagem do RS e SC (2004). Foi realizada a semeadura de oito sementes por vaso, na profundidade de 3 cm e aos 14 dias foi realizado o desbaste, deixando duas plantas equidistantes por vaso (Figura 1b).

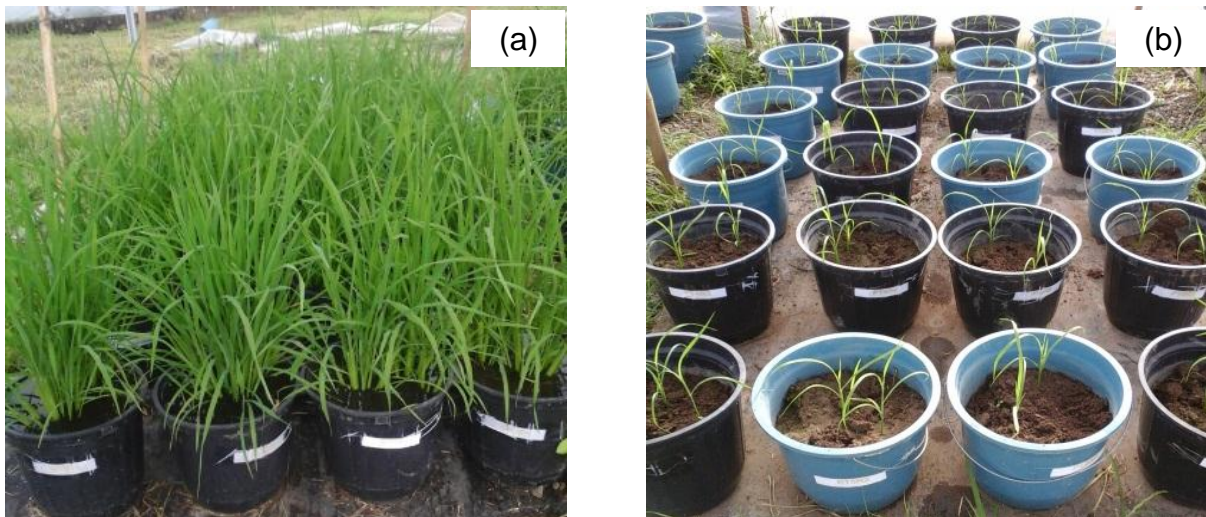


Figura 1. Pantas de arroz em Vasos com capacidade de 10 L (a) e a figura (b) mostra a aplicação de N e o estágio que ocorreu o desbaste.

Foram realizados três experimentos em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e 4 repetições. Os experimentos foram constituídos pelas cultivares de arroz irrigado Guri, Puitá Inta CI e Irga 409. Os tratamentos foram seis épocas da entrada da água: T1- entrada de água no dia anterior; T2- entrada de água logo após a aplicação da uréia; T3- entrada de água um dia após a aplicação de uréia; T4- entrada de água dois dias após a aplicação de uréia; T5- entrada de água quatro dias após a aplicação de uréia; T6- entrada de água seis dias após a aplicação de uréia. Após a entrada de água foi mantida constante a lâmina de 6 cm de altura acima da superfície do solo. A aplicação de uréia foi de 1,2 g por vaso em cobertura, constituindo a primeira parcela (50%), e foi

realizada no estágio V3/V4 no início do perfilhamento. A segunda parcela de N (50%) foi em cobertura no estágio V7/V8, sobre a lâmina de água. A dose de N foi equivalente à recomendação de campo de 120 kg ha^{-1} . Foi realizado rodízio semanal dos vasos colocando os vasos das laterais para o centro e vice-versa.

A Brusone (*Pyricularia grisea*) (Figura 2a) foi controlada pelo uso do fungicida Nativo, sendo este, aplicando na dose recomendada pelo fabricante, $0,75 \text{ g i.a./ha}^{-1}$. Também foi realizado roguing para controle de plantas daninhas dentro dos vasos.

As avaliações das plantas foram: altura das plantas, (Figura 2 b) número de perfilho e a massa seca da parte aérea conforme a figura ilustrativa (Figura 2 c). Para a altura, foi realizada a medição do solo até a extremidade da folha, considerando três folhas por vaso.

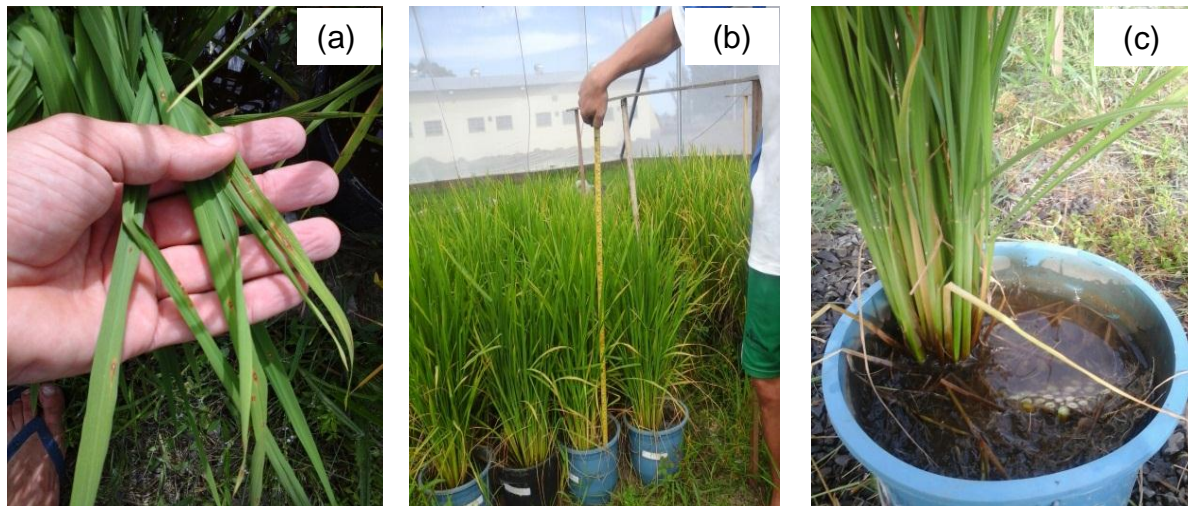


Figura 2. Foto de Brusone nas folhas (a), foto da medição da altura das plantas (b) e figura ilustrativa da altura de corte das plantas para avaliação da massa seca da parte aérea (c).

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F e, quando significativo foi realizado teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No arroz irrigado cultivar Guri apenas a altura de plantas apresentou diferença entre os tratamentos da época de entrada de água (Tabela 1).

Tabela 1. Quadro de Análise de variância para altura de plantas, massa seca da parte aérea, número de perfilhos de arroz irrigado por inundação, cultivar Guri.

Causas de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Altura de Plantas				
Tratamento	5	278,34	55,66	3,58*
Resíduo	18	279,65	15,53	-
Total	23	557,99	-	-
CV (%)	4,96			
Massa seca da parte aérea				
Tratamento	5	298,58	59,71	0,73 ^{ns}
Resíduo	18	1470,57	81,69	-
Total	23	1769,16	-	-
CV (%)	11,89			
Perfilho				
Tratamento	5	286,08	57,21	2,23 ^{ns}
Resíduo	18	461,75	25,65	-
Total	23	747,83	-	-
CV (%)	18,14			

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Já para a cultivar Puitá Inta CI, houve significância para a altura de plantas e número de perfilhos (Tabela 2).

Tabela 2. Quadro de Análise de variância para altura de plantas, massa seca da parte aérea, número de perfilhos de arroz irrigado por inundação, cultivar Puitá Inta CI.

Causas de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Altura de Plantas				
Tratamento	5	318,28	63,65	3,79*
Resíduo	18	302,51	16,80	-
Total	23	620,79	-	-
CV (%)	5,16			
Massa seca da parte aérea				
Tratamento	5	239,81	47,96	1,12 ^{ns}
Resíduo	18	769,27	42,73	-
Total	23	1009,09	-	-
CV (%)	8,70			
Perfilho				
Tratamento	5	306,96	61,39	14,50**
Resíduo	18	76,18	4,23	-
Total	23	383,15	-	-
CV (%)	7,23			

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

A cultivar Irga 409, não apresentou significância para nenhuma das características avaliadas (Tabela 3).

Tabela 3. Quadro de Análise de variância para altura de plantas, massa seca da parte aérea, número de perfilhos de arroz irrigado por inundação, cultivar Irga 409.

Causas de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Altura de Plantas				
Tratamento	5	81,64	16,32	1,13 ^{ns}
Resíduo	18	259,70	14,42	-
Total	23	341,34	-	-
CV (%)	4,86			
Massa seca da parte aérea				
Tratamento	5	576,59	115,31	1,62 ^{ns}
Resíduo	18	1282,12	71,22	-
Total	23	1858,71	-	-
CV (%)	10,90			
Perfilho				
Tratamento	5	75,92	15,18	2,08 ^{ns}
Resíduo	18	131,31	7,29	-
Total	23	207,23	-	-
CV (%)	9,81			

^{**}, ^{*} e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

As cultivares de arroz inundado avaliadas individualmente comportaram-se diferentemente provavelmente em função de características das próprias cultivares. Segundo Stone et al. (1999), diferença esta relacionada à maior altura de plantas, número e espessura de folhas, que pode ser maior ou menor, variando de uma cultivar para outra.

Na cultivar Guri, o tratamento EAD2 (Tabela 4) houve maior estatura de plantas, talvez relacionado à menor perda por volatilização, porém este tratamento não diferiu dos tratamentos EAD-1, EAD1 e EAD4. Segundo Volk (1959), o teor de umidade do solo é um fator importante na hidrólise, pois a adição de água promove aumento da difusão da uréia e, conseqüentemente, maior contato com a uréase no solo. Segundo Savant et al. (1987), a adição de água promove aumento da difusão da uréia e, conseqüentemente, maior contato com a uréase no solo. Em experimentos realizados nos Estados Unidos e na Austrália houve superioridade, em parâmetros vegetativos, na nutrição da planta e produção de grãos, da aplicação do N em solo seco na forma de uréia, antes de inundar, comparado com a aplicação pouco depois da inundaçãõ, na água (Heenan & Bacon, 1989).

Os tratamentos de EAD-1, EAD1 e EAD4 não diferiram estatisticamente, isto pode ser explicado por a variável temperatura, cuja variação diária e noturna na casa-de-vegetação não foi controlada, estando sujeita às oscilações ambientais ocorridas no período da avaliação. Resultados como estes também foram observados por outros autores onde não constataram diferenças nos caracteres produtivos da lavoura aplicando uréia em solo seco ou com água (Marin & Sanabria, 1999).

Os tratamentos que apresentaram menor altura de plantas para a cultivar Guri (Tabela 4.) foram EAD0 e EAD6. Isto condiz com resultados de outros autores, onde verificaram que o processo de volatilização de amônia inicia logo após a aplicação da uréia pela rápida hidrólise desta no solo (Rodrigues & Kiehl, 1986), justificando uma menor altura no tratamento EAD0. E com o passar o tempo, o produto aplicado para as plantas tende a ser reduzido e perdido por volatilização e nitrificação, conseqüentemente a dose aplicada tende a se perder e, resultar em uma menor produção EAD6.

Tabela 4. Eficiência de diferentes tempos de entradas de água após a aplicação de uréia na altura de plantas, massa seca da parte aérea e número de perfilhos, nas cultivares Guri, Puitá Inta-CL e Irga 409.

Tratamento	Altura (cm)	Massa seca (g)	Número de perfilhos
Guri			
EAD-1	79,5 ab	70,7 a	27,3 a
EAD0	75,4 b	75,3 a	33,6 a
EAD1	81,1 ab	78,2 a	30,5 a
EAD2	84,7 a	72,3 a	23,0 a
EAD4	80,8 ab	80,4 a	25,1 a
EAD6	74,8 b	78,9 a	27,8 a
CV (%)	4,96	11,89	18,14
Puitá Inta Cl			
EAD-1	81,0 a	74,2 a	22,2 c
EAD0	71,4 b	77,8 a	29,2 b
EAD1	81,4 a	76,0 a	26,7 bc
EAD2	81,0 a	74,9 a	28,6 b
EAD4	81,8 a	69,1 a	29,5 b
EAD6	79,9 ab	79,0 a	34,2 a
CV (%)	5,16	8,70	7,23
Irga 409			
EAD-1	78,1 a	66,8 a	23,7 a
EAD0	75,1 a	81,1 a	28,6 a
EAD1	80,8 a	81,2 a	27,6 a
EAD2	77,3 a	79,4 a	27,6 a
EAD4	79,7 a	77,9 a	28,2 a
EAD6	77,3 a	77,9 a	29,2 a
CV(%)	4,86	10,90	9,81

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$);

EAD-1: Entrada de água no dia anterior a aplicação de uréia; EAD0: Entrada de água logo após a aplicação da uréia; EAD1: Entrada de água um dia após a aplicação de uréia; EAD2: Entrada de água dois dias após a aplicação de uréia; EAD4: Entrada de água quatro dias após a aplicação de uréia; EAD6: Entrada de água seis dias após a aplicação de uréia.

Já para a cultivar Puitá Inta CI (Tabela 4.), as plantas apresentaram maior altura nos tratamentos EAD-1, EAD1, EAD2, EAD4, ou seja, apresentaram bastante variância.

No tratamento EAD-1 onde foi aplicado a uréia sobre a lâmina de água, apresentou maior altura de planta, esses resultados condizem com outros autores, onde verificaram que o processo de volatilização de amônia inicia logo após a aplicação da uréia pela rápida hidrólise desta no solo (Sengik & Kiehl, 1995). Uma possível explicação para esse comportamento pode estar relacionada com a presença da lâmina de água e a menor difusão de gás nessa condição. Desse modo, a aplicação da uréia sobre a lâmina de água é uma estratégia que não impede a ocorrência da volatilização, e sim retarda seu fluxo para.

Porem para os tratamentos EAD1, EAD2 e EAD4, que também apresentaram boas alturas de plantas a aplicação de uréia em solo seco seguida de inundação possibilita a incorporação do N em profundidade através da água. A uréia assim incorporada é hidrolisada no solo a amônio, ficando este provavelmente mais ligado aos sítios de troca dos coloides do solo e menos sujeito a perdas (Humphreys et al., 1987). O maior contato tanto da ureia quanto do amônio com o solo dificulta o deslocamento da amônia e favorece o contato dela com os íons H^+ do solo, diminuindo, dessa forma, a volatilização da amônia (Sangoi et al., 2003).

Para os perfilhos da cultivar Puitá Inta CI (Tabela 4.), houve um inverso da altura de plantas, ou seja, tratamentos que apresentaram maior absorção de N cresceram mais em altura de planta, porem perfilharam menos. O tratamento que apresentou menor número de perfilho foi o EAD-1, e possivelmente este resultado esteja relacionado a perdas de N por volatilização de gás amônia (NH_3), conforme verificado por Knoblauch et al. (2012). Estes autores verificam que a maior volatilização de amônia ocorreu quando a uréia foi aplicada sobre a lâmina de água.

Possivelmente, no tratamento EAD-1, o solo já estava saturado com água não permitindo o movimento da uréia em profundidade ficando o fertilizante na água ou nos primeiros centímetros do solo. Portanto, a uréia aplicada na água provavelmente hidrolisou-se na água e na camada oxidada, onde o $N-NH_4^+$ formado possivelmente transformou-se em nitrato perdendo-se por desnitrificação, ou em amoníaco na água de inundação, volatilizando-se.

Já para os tratamentos EAD0, EASD1, EAD2 e EAD4, não diferiram, quando a aplicação da ureia ocorreu em solo seco, segundo Larrosa et al. (2001), quando a

uréia é aplicada em solo bem drenado e imediata inundação da área, o N desloca-se no solo em profundidade, seguindo o movimento da água, podendo ficar retido nos colóides, na forma de N-NH_4^+ , ou ainda podem ocorrer perdas por desnitrificação caso o N se difunda na camada reduzida, ou pode ser nitrificado caso o N-NH_4^+ se difunda na camada oxidada. Por outro lado, a uréia aplicada na água EAD-1, desloca-se apenas nos primeiros centímetros do solo onde é hidrolizada a N-NH_4^+ que se difunde tanto para a água como para o solo, podendo ser convertido a NH_3 e perdido por volatilização. Segundo Singh et al. (1998), as cultivares de arroz de terras baixas comportam-se de forma diferencial em termos de absorção de nutrientes, especialmente o N. Isto pode explicar o fato de haver tanta variância nos tratamentos da cultivar e ela apresentar ou não resposta às formas de aplicação de N.

Para o tratamento EAD6, demonstrou que a aplicação de ureia no solo seco com posterior alagamento é uma prática eficiente no aproveitamento do N da ureia pelo arroz irrigado. A expressiva redução na taxa diária de volatilização, passadas 96 horas da aplicação da uréia, pode indicar que a amônia moveu-se para camadas mais profundas do solo, onde o processo de volatilização é reduzido (Rodrigues & Kiehl, 1992). Essa tendência de diminuição das taxas de emissão de amônia também ocorreu para os tratamentos e segundo Scivittaro et al. (2005) verificaram perdas de amônia da ordem de 20 % quando a ureia foi aplicada em um Planossolo Hidromórfico seco seguido de alagamento 10 dias depois e que, após a entrada da água, a emissão de amônia praticamente cessou.

Para a cultivar Irga 409, observou-se que não houve significância nas variáveis analisadas.

Essa diferença obtida entre as cultivares analisadas individualmente, possivelmente esteja associada às características de absorção e resposta adubação nitrogenada específica de cada cultivar (Singh et al., 1998). Segundo recomendação da Sosbai (2012) a água deve ser aplicada até três dias após a aplicação superficial da uréia, para minimizar as perdas, independentemente de solo seco ou saturado. Pode-se verificar que a cultivar Irga 409 teve pouco efeito das formas de aplicação de N quanto aos tratamentos utilizados

Resumindo, a maior parte dos trabalhos revisados relatam a superioridade da aplicação de uréia em solo bem drenado e inundado posteriormente. Entretanto outros trabalhos não demonstram diferenças entre aplicar uréia em solo drenado ou

na água. Portanto, há controvérsias sobre a melhor modalidade de manejo do N aplicado e da água sendo necessário pesquisar nas condições de solo e clima do local.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Os genótipos de arroz irrigado avaliados respondem diferentemente aos manejos de água e nitrogênio que lhe são aplicados.
2. Para a cultivar Guri, houve significância apenas para a altura de plantas, onde sendo que a entrada de água com dois dias após a entrada de ureia proporcionou maior estatura de plantas.
3. Para a cultivar houve significância para a estatura e numero de perfilhos, sendo que para a estatura o tratamento com a aplicação de ureia e entrada de água logo após, foi a que apresentou menor estatura. Para o numero de perfilho o tratamento com a entrada de agua seis dias após a aplicação de ureia perfilhou mais, e o tratamento que a aplicação ocorreu sobre a lâmina de água perfilhou menos.

5 REFERÊNCIAS

BEUTLER, A. N.; MUNARETO, J. D.; GRECO, A. M. F.; POZZEBON, B. C.; GALON, L.; GUIMARAES, S.; BURG, G.; SCHMIDT, M. R.; DEAK, E. A.; GIACOMELI, R.; ALVES, G. S. Manejo do solo, palha residual e produtividade de arroz irrigado por inundação. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p.1153-1162, 2014.

BURESH, R. J.; REDDY, K. R.; VAN KESSEL, C. Nitrogen transformations in submerged soils. In: SCHEPERS, J. S.; RAUN, W. R. (Ed.). **Nitrogen in agricultural systems**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2008. p.401-436.

CAMARGO, F. A.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p.575-579, 1997.

CAMARGO, F. A.; GIANELO, C.; TEDESCO, M. J. Nitrogênio orgânico do solo. In: CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, F.A. (Ed). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.117-137.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira Ciência Solo, 2007. p.375-470.

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

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

CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D.; GIANLUPPI, D.; PEREIRA, P. R. V. S. **O cultivo do arroz irrigado em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 19p. (Documentos, 01).

CORRÊA, N.; CAICEDO, N.; FEDDES, R.; LOUZADA, J. A.; BELTRAME, L. F. S. Consumo de água na irrigação do arroz por inundação. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 50, p.3-8, 1997.

EBERHARDT, D. S. Consumo de água em lavoura de arroz irrigado sob diversos métodos de preparo do solo. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis. v. 7, p.51-53, 1994.

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

FENN, L. B.; HOSSNER, L. R. Ammonia volatilization from ammonium or ammonium-forming nitrogen fertilizer. **Advances in Soil Science**, v. 1, p.123-169, 1985.

FILLERY, I. R. P.; SIMPSON, J. R.; DE DATTA, S. K. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from flooded rice. **Soil Science Society of American Journal**, v.48, p.914-920, 1984.

HEENAN, D. P.; BACON, P. E. Effects of timing and placement of urea on aerial-sown semi-dwarf rice in South-east Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.40, p.509-516, 1989.

HUMPHREYS, E.; FRENEY, J. R.; MUIRHEAD, W. A.; DENMEAD, O. T.; SIMSON, J. R.; LEUNING, R.; TREVITT, A. C. F.; OBCEMEA, W. N.; WETSELAAR, R.; GUIXIN, C. Loss of ammonia after applications of urea a different times to dry-seeded, irrigated rice. **Fertilizer Research**, v.16, p.47-57, 1988.

HUMPHREYS, E.; MUIRHEAD, W. A.; MELHUISH, F. M.; WHITE, R. J. G.; PM CHALK, P. M.; DOUGLAS, L. A. Effects of time of urea application on combine-sown Calrose rice in South-east Australia. II. Mineral nitrogen transformations in the soil-water system. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.38, p.113-127, 1987.

KATYAL, J. C.; GADALLA, A. M. Fate of urea-N in floodwater. I. Relation with total N loss. **Plant and Soil**, v.121, p.21-30, 1990.

KNOBLAUCH, R.; ERNANI, P. R.; WALKER, T. W.; KRUTZ, L. J.; VARCO, J. J.; GATIBONI, L. C.; DESCHAMPS, F. C. Volatilização de Amônia em Solos Alagados Influenciada pela Forma de Aplicação de Ureia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.813-821, 2012.

LARROSA, R. F. M; MARCHEZAN, E.; AITA, C. C.; ORADINI, J. Z. Eficiência da aplicação de nitrogênio no perfilhamento do arroz em três manejos de irrigação. **Ciência Rural**, v.31, p.745-749, 2001.

MACHADO, S. L. O. Consumo e qualidade da água na lavoura de arroz irrigado e efeitos no jundiá. In: SEMINÁRIO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO, 2003, Porto Alegre. **Palestras**. Porto Alegre: FARSUL, 2003. Disponível em CD-ROM.

MARCOLIN, E.; GENRO JUNIOR, S. A.; MACEDO, V. R. M. Eficiência de uso de água em função de sistemas de manejo da irrigação em arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7. 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOSBAI, 2009. 1 CD-ROM.

MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M. Consumo de água em três sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11, 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CONIRD, 2001. p.59-63.

MARIN, A. R., SANABRIA, M. C. Efecto de la forma de aplicación de urea sobre el rendimiento de arroz. In: **Proyecto Arroz. Campaña 1998-99**. Corrientes: INTA-EEA Corrientes, 1999. 177 p. p. 117-120.

MARTHA JÚNIOR G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; VILELA, L.; PINTO, T. L. F.; TEIXEIRA, G. M.; MANZONI, C. S.; BARIONI, L. G. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim- tanzânia adubada com uréia no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 33, p.2240-2247, 2004.

MIKKELSEN, D. S. Nitrogen budgets in flooded soils used for rice production. **Plant and Soil**, v.100, p.71-97, 1987.

MONTERO, F. Urea incorporada al suelo en Perú. **Arroz en las Américas**, v.14, p.2-3, 1993.

RODRIGUES, M. B.; KIEHL, J. C. Distribuição e nitrificação da amônia proveniente da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.403-408, 1992.

RODRIGUES, M. B.; KIEHL, J. C. Volatilização de ammonia após emprego da uréia em deferentes doses e modo de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.37-43, 1986.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciencia Rural**, v.33, p.687-692, 2003.

SAVANT, N. K.; JAMES, A. F.; MACCLELLAN, G. H. Effect of amounts and sequence of additions of urea and water on hydrolysis of surface-applied granular urea in unsaturated soils. **Fertilizer Research**, v.11, p.231-234, 1987.

SCHNIER, H. F. Significance of timing and method of N fertilizer application for the N-use efficiency in flooded tropical rice. **Fertilizer Research**, v.42, p.129-138, 1995.

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. S.; LIMA, F. S. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia em cultivo de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO

ARROZ IRRIGADO, 26. CONGRESSO DE ARROZ IRRIGADO, 4. Santa Maria, 2005. **Anais...** Santa Maria, SOSBAI, 2005. p.477-480.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. **Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado**. In: GOMES, A. S.; JUNIOR, A. M. M. Arroz Irrigado no Sul do Brasil. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004. p.259-261.

SCIVITTARON, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Org.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Informação Tecnológica, 2004. p.259-303.

SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Efeito de resíduos orgânicos e do fosfato monocálcico na volatilização de amônia em terra tratada com uréia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.321-326, 1995.

SIMPSON, J. R.; FRENEY, J. R.; WETSELAAR, R.; MUIRHEAD, W. A.; LEUNING, R.; DENMEAD, O. T. Transformations and of urea losses of urea nitrogen after applications to flooded rice. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 35, p.189-200, 1984.

SINGH, U.; LADHA, J. K.; CASTILLO, E. G. ; PUNZALAN, G.; TIROL-PADRE, A.; DUQUEZA, M. Genotypic variation in nitrogen use efficiency in medium- and long-duration rice. **Field Crops Research**, v.58, p.35-53, 1998.

SOSBAI: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2014. 192p.

SOSBAI: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2005. 159p.

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

VAHL, L. C.; SOUZA, R. O. Aspectos físico-químicos de solos alagados. In: GOMES, A. S.; MAGALHAES JUNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004. p.97-118.

VOLK, M. G. Volatile loss of ammonia following surface application of urea to turf of bare soils. **Agronomy Journal**, v.51, p.746-749, 1959.