

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA- CVRM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE - IEAA  
CURSO DE AGRONOMIA

Avaliação de doses de Nitrogênio e Fósforo no arroz (*Oryza sativa* L.) na região de Humaitá - AM

CHARLE DA CUNHA SOARES

HUMAITÁ/AM  
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA- CVRM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE - IEAA  
CURSO DE AGRONOMIA

CHARLE DA CUNHA SOARES

Avaliação de doses de Nitrogênio e Fósforo no arroz (*Oryza sativa* L.) na região de Humaitá - AM

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente – IEAA, como requisito parcial para obtenção parcial do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Me. Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Pereira

HUMAITÁ/AM  
2015

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S676a Soares, Charle da Cunha  
Avaliação de doses de Nitrogênio e Fósforo no arroz (*Oryza sativa* L.) na região de Humaitá - AM / Charle da Cunha Soares.  
2015  
74 f.: il.; 31 cm.

Orientador: Prof. Me. Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Pereira  
TCC de Graduação (Agronomia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. *Oryza sativa* (L). 2. Nitrogênio. 3. Fósforo. 4. Análises. 5. Interação. I. Silva, Prof. Me. Douglas Marcelo Pinheiro da II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CHARLE DA CUNHA SOARES

Avaliação de doses de Nitrogênio e Fósforo no arroz (*Oryza sativa* L.) na região de Humaitá - AM

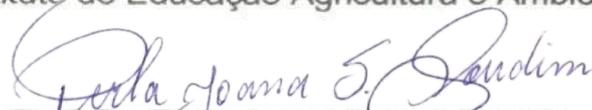
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao colegiado de Agronomia do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 04 de dezembro de 2015.

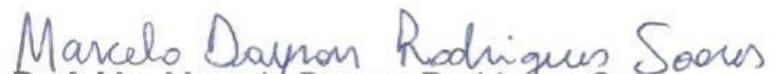
BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Me. Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

Instituto de Educação Agricultura e Ambiente

  
Prof. Dr. Perla Joana Souza Gondim

Instituto de Educação Agricultura e Ambiente

  
Prof. Me. Marcelo Dayron Rodrigues Soares

Instituto de Educação Agricultura e Ambiente

Aos meus pais, Benedito da Costa Soares, Rozimeire Cabral da Cunha e irmãos: Charlon, Charlan e João Paulo. Por serem amigos, companheiros e ter confiado em mim. Principalmente a minha mãe que não mediu esforços e me ajudou em tudo para me manter estudando.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me deste o sopro da vida, as glórias e as conquistas vitoriosas desta vida maravilhosa.

Ao meu orientador Prof. Me. Douglas Marcelo Pinheiro da Silva, meu co-orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Pereira e Prof. Dr. Rosane Rodrigues da Costa Pereira por dedicarem os seus tempos no desenvolvimento deste trabalho e nos projetos desenvolvidos durante a vida acadêmica, por confiarem na minha dedicação.

A Universidade Federal do Amazonas / Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente UFAM/ IEAA, pela vida acadêmica e projetos realizados, para ser um profissional bem sucedido.

Aos professores da UFAM IEAA, principalmente aos do colegiado do Curso de Agronomia, deste não mediram esforços para dedicarem o ensino profissionalizante a mim durante a vida acadêmica.

A Rosângela da Costa Almeida, por me dado companheirismo, o seu amor e apoio total a mim, obrigado meu amor.

Aos amigos, Miquéias Duarte, Bruno Campos Mantovanelli, Rosiney França Mendes, Leonardo Rezende Guimarães, Eng. Agro. José Conegunes Weckner Rodrigues, Júlio César Meinhardt, Tiago Brambilla Leonardi, Oziel França Cordeiro, Sheury Celante Marques, William Maciel da Silva, Rodrigo Vaz Colares, Márcio Freire das Chagas, Ramyle Junior Lourenço Ramos, Romário Pimenta Gomes, Half Wberg Jordão, Renildo Melo, Ângela Maria Santos Souza e Mauricio Franco pelo apoio, o tempo, e a dedicação para que os projetos e iniciação científica a serem desenvolvidos.

Meus sinceros agradecimentos aos amigos da UFAM IEAA, principalmente do curso de Agronomia e dedicação da turma de 2010 que fizeram parte na minha vida acadêmica, juntos adquirindo os conhecimentos universais e acadêmicas do curso, estes sempre serão lembrados para toda vida.

E aqueles por direto e indiretamente fizeram parte da minha vida acadêmica e colaboraram o sucesso e finalização do meu curso, obrigado.

**AGRADEÇO**

“Em condições normais, corro para vencer e venço. Em condições adversas, também posso vencer. E, mesmo em condições muito desfavoráveis, ainda sou páreo.”  
(Ayrton Senna)

## RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) tem uma grande importância, pois dois terços da população mundial usam-se como principal alimento da dieta básica, inclusive os brasileiros. Objetivo deste trabalho Avaliação de doses de Nitrogênio e Fósforo no arroz (*Oryza sativa* L.) na região de Humaitá - AM. O delineamento experimental foi instalado em casa de vegetação, e para este utilizou-se vasos de 5l contendo Cambissolo Hámplico Alítico Plíntico. O delineamento foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial de 4x4 correspondente a níveis de nitrogênio e fósforo. Aplicação do fósforo para várias variáveis foi favorável principalmente quando se aplica a dose 300 Kg ha<sup>-1</sup>. Para o desenvolvimento de altura, o nitrogênio não teve o seu objetivo para suprir a necessidade do crescimento da planta, provavelmente devido perda por lixiviação e volatilização.

**Palavras-chaves:** *Oryza sativa* (L); nitrogênio; fósforo; análises; interação

## ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) has a great importance, because two-thirds of the world population are used as staple food of the diet, including Brazilians. Objective of this study Nitrogen doses Assessment and Phosphorus in rice (*Oryza sativa* L.) in the region of Humaitá - AM. The experiment was installed in greenhouse, and for this we used pots containing 5l Cambisol Hámplico Alítico plinthic. The experimental design was completely randomized with factorial arrangement of 4x4 corresponding to nitrogen and phosphorus levels. Phosphorus application to several variables was favorable especially when applying the dose 300 kg ha<sup>-1</sup>. To develop high, the nitrogen was not his goal to meet the need of plant growth, probably due to loss by leaching and volatilization.

**Keywords:** *Oryza sativa* (L); nitrogen; phosphorus; analysis; regression; interaction

Tabela 1: Análise química e porcentagem de argila solo, conforme a 5ª aproximação .....	33
Tabela 2: Análise de variância do peso de panícula.....	37
Tabela 3. Análise de variância do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível .....	37
Tabela 4: Análise de variância do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio.....	39
Tabela 5: Análise de variância de número de sementes.....	40
Tabela 6: Análise de variância peso de sementes. ....	42
Tabela 7: Análise de variância número de sementes chochos. ....	44
Tabela 8: Análise de variância número de sementes chochos. ....	45
Tabela 9: Análise de variância peso de massa seca.....	47
Tabela 10: Análise de variância do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível.....	48
Tabela 11: Análise de variância do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio.....	49
Tabela 12: Análise de variância altura dos 20 DAE.....	52
Tabela 13: Análise de variância altura dos 40 DAE.....	53
Tabela 14: Análise de variância altura dos 60 DAE. ....	54
Tabela 15: Análise de variância altura dos 80 DAE .....	55
Tabela 16: Análise de variância quantidade de panículas. ....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análise de variância do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível de Fósforo (0,150, 300 e 450 kg ha <sup>-1</sup> ) para o peso de panícula.....	38
Figura 2. Análise de variância do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio (0,100, 200 e 300 kg ha <sup>-1</sup> ) para o peso de panícula.....	39
Figura 3. Aumento de quantidades de sementes conforme que aumenta a dose de Nitrogênio.....	41
Figura 4. A variação de produção de sementes de acordo com aumento da aplicação do Fósforo.....	41
Figura 5. A variação peso de sementes conforme o aumento da aplicação do Nitrogênio.....	43
Figura 6. A variação peso de sementes de acordo com aumento da aplicação do Fósforo.....	43
Figura 7. A variação de número de sementes chochas da forma que aumenta a aplicação do Nitrogênio.....	44
Figura 8. A variação de peso das sementes chochas da forma que aumenta a aplicação do Fósforo.....	45
Figura 9. A variação do peso de sementes chochas da forma que aumenta a aplicação do Nitrogênio.....	46
Figura 10. A variação do peso de sementes chochas da forma que aumenta a aplicação do Fósforo.....	47
Figura 11. Análise de variância do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível de Fósforo (0,150, 300 e 450 kg ha <sup>-1</sup> ).....	49
Figura 12. Análise de variância do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio (0,100, 200 e 300 kg ha <sup>-1</sup> ).....	50
Figura 13. Variação da altura aos 20 DAE de acordo que aumenta a dose de Fósforo.....	52
Figura 14. Variação da altura aos 40 DAE de acordo que aumenta a dose de Fósforo.....	53
Figura 15. Variação da altura aos 60 DAE de acordo que aumenta a dose de Fósforo.....	54
Figura 16. Variação da altura aos 80 DAE de acordo que aumenta a dose de Fósforo.....	55

Figura 17. Variação na produção de panícula de acordo com aumento da dose de Nitrogênio.....	56
Figura 18. Variação na produção de panícula conforme o aumento da dose de Fósforo.....	57

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1. Origem e história da cultura .....	17
2.2. Caracterização climática sobre a cultura no país e na região Norte .....	18
2.3. Produtividade da cultura.....	20
2.4. Zoneamento da cultura.....	21
2.5. Uso do solo, calagem e adubação. ....	21
2.5.1. Uso do solo para fim agrícola.....	21
2.5.2. Calagem .....	22
2.5.3. Adubação .....	23
2.5.3.1. Nitrogênio.....	23
2.5.3.2. Fósforo.....	28
2.5.3.3. Potássio.....	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
3.1. Local do experimento .....	33
3.2. Clima da região.....	33
3.3. Solo.....	33
3.4. Condução do experimento.....	33
3.5. Para avaliação das plantas foram utilizados os seguintes parametros:.....	35
3.5.1. Delineamento experimental.....	35
3.5.2. Parâmetros analisados.....	35
3.6. Análise estatística.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Variável analisada: Peso De Panícula. ....	37
4.2. Variável analisada: Número de Sementes.....	40
4.3. Variável analisada: Peso de Sementes.....	42

4.4. Variável analisada: Número de Sementes Chocho.....;	44
4.5. Variável analisada: Peso de Sementes Chochas.....	45
4.6. Variável analisada: Peso de Massa Seca .....	47
4.7. Variável analisada: Altura (20, 40, 60 e 80 dias após a emergência - DAE).....	51
4.7.1. Altura dos 20 DAE .....	51
4.7.2. Altura dos 40 DAE.....	52
4.7.3. Altura dos 60 DAE .....	53
4.7.4. Altura dos 80 DAE.....	54
4.8. Variável analisada: Quantidade de Panícula.....	55
5. CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal de grande importância, sendo consumido por aproximadamente dois terços da população mundial, para a qual se constitui no principal alimento da dieta básica. No Brasil, é uma das mais importantes culturas anuais, ocupando posição de destaque do ponto de vista econômico e social, com presença na dieta da maioria dos brasileiros (MEIRA et al, 2005).

A calagem eleva o pH e a saturação por base pela adição de Ca e Mg ao solo. Além disso, a elevação do pH contribui diretamente para a redução da toxidez de Al no solo e aumento da disponibilidade de nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (AZEVEDO et al., 1996; MIRANDA, 2000).

De acordo com Raj (1991), o N é o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelas culturas e, normalmente, proporciona maior resposta em produtividade. A resposta do arroz irrigado à adubação nitrogenada depende da interação dos vários fatores, quais sejam os principais: suprimento de nitrogênio e de outros nutrientes pelo fator ambiental, químico e físico para o desenvolvimento da planta (DUARTE, 2006).

Segundo Meira et al. (2005), cita que na utilização de doses cada vez mais elevadas de nitrogênio visando aumentar a produtividade, porém, essas doses podem levar a um alto desenvolvimento vegetativo, prejudicando o processo fotossintético, causando ainda acamamento de plantas, maior suscetibilidade da planta ao ataque de fungos, principalmente brusone e helmintosporiose, e conseqüentemente, perdas de produção e qualidade.

Costa et al. (2002) trabalhando com arroz de terras altas (cv. IAC-202), constataram que a aplicação parcelada do nitrogênio no estágio de diferenciação do primórdio da panícula, aumentou o número de espiguetas por panículas e contribuiu

para maior peso de grãos. E a aplicação parcelada do nitrogênio no perfilhamento, proporcionou diminuição do número de espiguetas por panícula até a dose de 60 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Os teores de fósforo na solução dos solos da região do cerrado são geralmente muito baixos. Essa característica, associada à alta capacidade que esses solos têm para adsorver o fósforo na fase sólida, é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável. Sendo assim, necessária a aplicação de quantidades elevadas de adubos fosfatados para suprir as necessidades dos cultivos nessa região, (SOUSA & LOBATO, 2003).

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar doses de Nitrogênio e Fósforo na cultura do arroz (*Oryza sativa L.*) na região de Humaitá – AM.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Origem e história da cultura

De origem asiática, o arroz (*Oryza sativa*) pertence à família botânica *Poaceae* e constitui um dos cereais mais cultivados no mundo. Os países asiáticos são os grandes produtores e consumidores mundiais de arroz, destacando a China e a Índia com aproximadamente 50% da produção e do consumo mundial (FAO, 2011). No Brasil, a cultura do arroz ocupa posição privilegiada no cenário agrícola por estar presente na dieta básica da maioria dos brasileiros e correspondendo ao país não asiático de maior produção e consumo de arroz, porém, sua participação no mercado mundial é inferior a 2% (FAO, 2011).

As províncias de Bengala e Assam, e Mianmar na Índia têm sido citadas como os lugares de origem da espécie. Duas formas silvestres são citadas como as precursoras do arroz cultivado: a espécie *Oryza rufipogon*, procedente da Ásia, que originou a *O. sativa*; e a *Oryza barthii* (= *Oryza breviligulata*), derivada da África Ocidental, a qual originou a *O. glaberima* (WINCH, 2006).

Aproximadamente 90% da produção mundial do arroz é cultivado e consumido na Ásia, que utiliza principalmente o sistema básico irrigado por inundação. No Brasil, cerca de 69% da produção é proveniente do ecossistema de várzeas; este tipo de produção não é tão dependente das condições climáticas como no caso dos cultivos de terras altas (GUIMARÃES et al., 1998). Por apresentar uma fácil adaptação a diferentes condições de solo e clima, alguns autores o consideram como a espécie com maior potencial para o aumento da produção e uma das principais culturas para combater a fome no mundo (AZAMBUJA et al., 2004).

Desde os últimos milênios, o arroz (*Oryza sativa* L.) vem exercendo papel fundamental na alimentação humana, fornecendo energia, proteínas, lipídios,

vitaminas e minerais. É caracterizado como principal alimento para mais da metade da população mundial, destacando-se, principalmente, em países em desenvolvimento, nos quais, desempenha função estratégica nos níveis econômico e social (WALTER et al., 2008).

## **2.2. Caracterização climática sobre a cultura no país e na região Norte**

Para a atual safra brasileira 2014/15 de arroz a produção média foi de 2,7% superior em relação à safra 2013/14, atingindo 12.448,6 mil toneladas em função da recuperação da produtividade no Rio Grande do Sul. (Conab 2015). Esta baixa produtividade é resultado da distribuição irregular de chuvas, nas principais regiões produtoras, o que compromete as fases de desenvolvimento da cultura (Heinemann & Stone 2009, Guimarães et al. 2011, Menezes et al. 2011). Adicionalmente, estes frequentes períodos de deficiência hídrica, que a planta sofre durante o ciclo, afetam a qualidade dos grãos (ARF et al. 2002).

Essa situação pode ser resolvida com a utilização de irrigação por aspersão, uma vez que, além da estabilidade e incremento da produtividade de grãos, com o uso da irrigação, o processo de enchimento dos grãos é contínuo, proporcionando aumento no número de espiguetas granadas e na massa de grãos, (Heinemann & Stone 2009, Crusciol et al. 2012). Neste sentido, objetivando-se maiores produtividades e melhor qualidade de grãos, combinações de adubações com nitrogênio e silício têm sido utilizadas (SANTOS et al. 2006, ÁVILA et al. 2010, MAUAD et al. 2011).

Na região Amazônica tem uma grande importância de mecanismo de aquecimento da atmosfera tropical e também ocorrem variações, de forma de intensidade e posição, dessa forma tem um papel importante na determinação do tempo e clima desta região. É típico a liberação de calor durante a chuva cerca de 2,5

K.dia-1, o equivalente à uma precipitação de 10 mm.dia-1. A Amazônia possui um clima quente e úmido e possui uma precipitação média de aproximadamente 2300 mm.ano-1 (FIGUEIREDO & NOBRE, 1990).

A temperatura tem a maior importância para o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do arroz. Cada fase fenológica tem a sua temperatura ótima, mínima e máxima de nível crítico. A temperatura ótima para o desenvolvimento do arroz situa-se entre 20°C e 35°C. A cultura exige durante germinação à maturação temperaturas relativamente elevadas, uniformemente crescentes até a floração e decrescentes, não ocorrendo bruscamente abaixamento de temperatura após a floração. As faixas de temperatura ótima variam de 20°C a 35°C para a germinação, de 30°C a 33°C para a floração e de 20°C a 25°C para a maturação (EMBRAPA, 2013).

O estresse hídrico pode ocorrer durante a fase vegetativa, os processos de perfilhamento e de alongamento das folhas podendo ser inibidos. Na fase reprodutiva, pode ocorrer a inibição da emissão de panículas, assim resultando em panículas mal expostas ou mesmo não emitidas. Além desses sintomas pode ocorrer também o dessecamento parcial ou total das espiguetas. Junto desse ocorrendo também a inibição da antese, esses sintomas resultam em alta esterilidade de espiguetas (EMBRAPA, 2013).

Principais problemas ambientais resultantes da rizicultura é a degradação ambiental que ocorre perdas na aptidão agrícola e que também compromete a qualidade de vida da população. A atividade agrícola tem contribuído muito para redução dos recursos naturais e da qualidade ambiental no Brasil, tanto nas áreas de fronteira agrícola, como é o caso da Região Centro-Oeste (EMBRAPA, 2004).

### **2.3. Produtividade da cultura.**

O cultivo de arroz no Brasil é em sistema irrigado e de sequeiro. No sistema de sequeiro, a exemplo de outras culturas como soja e milho, conta apenas com as chuvas para seu desenvolvimento, e este sistema é utilizado na maior parte dos estados do país. As áreas de lavouras de arroz de sequeiro vêm caindo safra a safra. Os motivos são: a concorrência com a soja e o milho, o impedimento de abertura de novas áreas e os problemas climáticos adversos na Região Nordeste. (CONAB, 2013).

Na Região Centro-Oeste, a colheita do arroz de sequeiro teve produtividade média de 3.223 kg ha<sup>-1</sup>. Na Região Nordeste, destaque para a redução de 55,2% na Bahia e 32,1% na produtividade média no Piauí, regiões onde predomina o arroz de sequeiro. Essa redução é reflexo dos veranicos ocorridos em fevereiro e março. As precipitações ocorridas após os veranicos fortaleceram a cultura do arroz recuperando um pouco o seu rendimento, mas nesta safra deve ficar em torno de 752 kg ha<sup>-1</sup> e 795 kg ha<sup>-1</sup>, ante os 1.680 kg ha<sup>-1</sup> e 1.171 kg ha<sup>-1</sup> da safra passada para o estado da Bahia e Piauí, respectivamente. (CONAB, 2013).

De acordo com o levantamento da CONAB (2013), o estado de Rio Grande do Sul foi que teve a maior produtividade do Brasil, na qual o mesmo com uso de uma área de 1.066,6 mil hectares produziu 7.933,4 mil toneladas de arroz na safra 2012/13, que representa 44,5% da área nacional, respondendo ainda por 66,5% da produção brasileira; no Norte o maior que produziu foi estado do Tocantins com 119,1 mil hectares de área, , produziu 565,7 mil toneladas da cultura, na safra 12/13; no estado do Amazonas, produziu 12,1 mil toneladas de arroz numa área de 5,9 mil hectares, na safra 12/13.

## **2.4. Zoneamento da cultura**

Zoneamento agroclimático tem uma grande importância para agricultura, pois em condições adversas do clima causam prejuízos na agricultura, o que ser uma preocupação tanto para os agricultores quanto para os setores governamentais ligados ao planejamento agrícola. O zoneamento agroclimático, para a cultura do arroz, tem a consideração importante, pois define as áreas mais indicadas para o plantio, atende a produtividade e rendimento econômico, além disso, possibilita a instituição de políticas de incentivos à produção e estabelece as diretrizes de pesquisa na geração de tecnologias para essas áreas (EMBRAPA, 2004).

O zoneamento agrícola estuda na precipitação pluvial diária e da evapotranspiração de uma região, com detalhes de áreas e períodos mais apropriados ao cultivo do arroz para que ocorra a redução de possibilidades de exposição da cultura a riscos climáticos. Para tanto, deve ter em consideração a capacidade de armazenamento de água do solo e o ciclo do cultivar (EMBRAPA, 2013).

## **2.5. Uso do solo, calagem e adubação**

### **2.5.1. Uso do solo para fim agrícola**

Adubação equilibrada e racional com macro e micro nutrientes e a prática de calagem podem propiciar um melhor desenvolvimento das plantas, tornando-as menos susceptíveis ao ataque de pragas e doenças, além de contribuir para a resistência de eventuais veranicos ou contratempos climáticos (SOARES et al., 2004).

O solo é preciso ser analisado, pois, se tem a importância química do solo na sua fertilidade par a planta. Dessa forma, se não seguir alguns princípios básicos, pode não ter serventia nenhuma se a amostragem, da qual que os resultados emitidos pelo laboratório possam refletir, com um melhor resultado possível, a de acordo com a área que a amostra representa. Comumente, os erros mais comuns na obtenção de

resultados são devidos à amostragem malfeita, e poucos (em torno de 2% a 3%) os erros analíticos devem-se. Entretanto, é importante a amostragem bem-feita em conjunto com análise no laboratório (EMBRAPA, 2013).

### **2.5.2. Calagem**

A ocorrência de alumínio em concentrações tóxicas no solo é considerada como a principal causa de baixas produtividades de grãos (Blamey et al., 1992). Plantas sob estresse de alumínio paralisam o crescimento radicular impedindo a obtenção de água das camadas mais profundas, além de prejudicar o crescimento das plantas e reduzir a absorção e utilização de nutrientes de forma eficiente (CAMARGO et al., 1998).

Os solos podem ser naturalmente ácidos em razão da pobreza do material de origem em cálcio, magnésio, potássio e sódio, denominados bases ou mediante processos de formação ou de manejo de solos que levam à perda dessas bases e, portanto, à acidificação (QUAGGIO, 2000).

A calagem é uma prática cultural que possibilita minimizar este problema o que contribui para elevar o pH, principalmente na camada arável do solo, tornando o Al menos solúvel e, portanto reduzindo sua toxicidade relativa, (CAMARGO et al., 1998).

Entretanto, muitas vezes esta prática cultural não é realizada, por não estar ao alcance econômico dos produtores (Zeigler et al., 1995). Além disso, dada a dificuldade técnica de se realizar a calagem abaixo da camada arável, o excesso de alumínio trocável torna-se especialmente prejudicial no subsolo, reduzindo a profundidade e a ramificação do sistema radicular, tornando as plantas predispostas a outros tipos de estresse, como, por exemplo, a seca (CAMARGO et al., 1998).

Além disso, o efeito danoso do  $Al^{3+}$  pode manifestar-se pela limitação do desenvolvimento radicular, bem como interferência na absorção, transporte e

utilização de nutrientes, refletindo num declínio da produção (Silva et al., 1984; Brondani & Paiva, 1996; Silva, 2002). O excesso de alumínio no solo inibe o crescimento das raízes, afeta a divisão celular, causa precipitação do fósforo tanto no solo como no interior das células (PAVAN & OLIVEIRA, 1997; SILVA, 2002; JUSTINO et al., 2006).

### **2.5.3. Adubação**

São 16 nutrientes para o desenvolvimento satisfatório para as plantas, sendo quase todo retirado do solo. Entretanto, é comum acontecer que um ou mais desses nutrientes que seja insuficiente para o desenvolvimento normal de uma cultura se encontrem no solo em pouca quantidade. No entanto, quando isso ocorre, se faz necessidade que se proceda a uma adubação. Em todavia, os solos usados para o cultivo do arroz de terras altas são pobres em nutrientes e não atendem às exigências da cultura, dessa forma se faz a necessidade de suprir o solo por meio da aplicação de adubos e corretivos (EMBRAPA, 2013).

Basak (1962) informa que a absorção de nitrogênio e de fósforo são fortemente correlacionadas com a produção de grãos. Segundo o autor, a máxima produção é obtida quando a relação nitrogênio absorvido/fósforo absorvido é igual a 5:1.

#### **2.5.3.1. Nitrogênio**

O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes para os vegetais, sendo, em alguns casos, fator limitante para altas produtividades (Fageria et al. 2011, Nascente et al. 2011), mas, quando em excesso, pode promover aumento na altura da planta, predispondo- a ao acamamento, ao auto sombreamento e à ocorrência de doenças (Crusciol et al. 2006). Estes efeitos podem ser amenizados com o uso do silício, uma vez que este elemento proporciona resistência ao acamamento e tolerância a doenças

(PRABHU et al. 2007, GOMES et al. 2011, GUTIERREZ et al. 2011, MAUAD et al. 2011).

A cultura do arroz irrigado responde à aplicação de nitrogênio (Hernandes et al., 2010) bem como potássio e fósforo, aumentando a produtividade de grãos (Fageria et al., 2000). Entretanto, a resposta desses nutrientes na cultura é influenciada pelas características físico-químicas do solo e pelo manejo os quais são determinantes na disponibilidade desses elementos às plantas (FAGERIA & ZIMMERMANN, 1996).

A cultura de arroz precisa de 1 kg de nitrogênio para produzir entre 15 e 20 kg de grãos. Nos trópicos, o rendimento da cultura do arroz inundado é de 2 a 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> usando o N<sub>2</sub> disponível naturalmente da FBN por bactérias de vida livre e diazotróficas e da mineralização do N<sub>2</sub> do solo (LADHA & REDDY, 2003).

A capacidade de fixar nitrogênio das bactérias diazotróficas foi verificada inicialmente entre as plantas leguminosas, onde se conseguiu em culturas como a soja a redução de até 100% da fertilização nitrogenada (Alves et al., 2003). Experimentos recentes têm demonstrado que plantas de arroz apresentam potencial significativo, respondendo com aumento na produção quando as plantas são inoculadas com bactérias dos gêneros *Herbaspirillum*, *Burkholderia* e *Azospirillum amazonense* (BRASIL, 2005; RODRIGUES, 2003; ARAUJO, 2008).

*Burkholderia vietnamiensis* descrita por Gillis et al. (1995) tem mostrado efeitos positivos sobre a cultura do arroz conforme demonstrado por Trãn van et al. (2000) que observaram incrementos de 13 a 22% na produção de grãos quando plantas crescidas em condições de campo foram inoculadas com a estirpe *B. vietnamiensis* TVV75. Os autores calcularam que a inoculação respondeu por cerca de 25 a 30 kg de N presente nos tecidos. A inoculação da espécie proposta *B. brasilensis* aumentou em 69 % a biomassa das plantas e contribuiu com 31 % do total de nitrogênio da

planta enquanto que a estirpe *B. vietnamiensis* contribuiu com 19 % do N acumulado na planta (BALDANI et al., 2000).

Recentemente algumas bactérias diazotróficas têm mostrado que a FBN não é o único mecanismo envolvido na promoção de crescimento vegetal (Dardanelli et al., 2010). *Azospirillum* spp bactéria diazotrófica produz hormônios vegetais que aumentam o número de raízes e de pelos radiculares, este incremento na superfície de contato com o solo melhora a absorção de nutrientes e água pela planta. O aumento da captação de P pela planta também é favorecida, através da solubilização de fosfatos pela liberação de prótons e ácidos orgânicos (DOBBELAERE et al., 2001; BASHAN et al., 2004).

O crescimento do sistema radicular do arroz é estimulado pelo nitrogênio, e no entanto, favorece o perfilhamento, aumenta o número de espiguetas por panícula e a porcentagem de proteína nos grãos (Buzetti et al, 2006). A adubação nitrogenada tem um crescimento e desenvolvimentos de número de colmos e panículas por área (Campello Junior, 1985) e o número de espiguetas (Filho & Fornasieri, 1993). O nitrogênio, no entanto, a utilização de doses cada vez mais elevadas deste nutriente, para aumentar a produtividade, pode acarretar um excesso desenvolvimento vegetativo, o que causa acamamento de plantas e interferindo negativamente na produtividade e na qualidade dos grãos (BUZETTI et al, 2006).

Pesquisas realizadas em Ghana, África, com variedades locais de arroz têm demonstrado que variedades locais possuem níveis de nutrientes e proteínas superiores aos encontrados nas variedades melhoradas e sugerem sua utilização em futuros programas de melhoramento (Adu-Kwarteng et al., 2003). Resultados similares têm sido encontrados com variedades tradicionais do estado do Maranhão, evidenciando sua maior eficiência quanto à aquisição e uso de N (Ferraz Júnior, 1993;

Souza et al., 1998), demonstrando também a habilidade destas variedades em produzir altos teores de proteína no grão (ARAÚJO, 2002; SOUZA et al., 2002).

O nitrogênio é um macronutriente primário, essencial para as plantas, por participar da formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes no metabolismo das plantas. Sua ausência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução no seu tamanho e conseqüentemente redução da produção econômica das sementes (MENGEL & KIRKBY, 1982).

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cultura do arroz. Sua importância é conhecida pelas funções exercidas no metabolismo das plantas, participando como constituinte de proteínas, enzimas, ácidos nucléicos, citocromos, moléculas de clorofila, além de ser considerado um dos fatores mais relevantes para o aumento da produção (FAGERIA & STONE, 2003; FREITAS et al., 2007).

Esse nutriente possui duas funções principais: estrutural e participação em processos metabólicos; influenciando a expansão e duração da área foliar, conseqüentemente, atua na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, bem como no uso eficiente desta e nos seus efeitos sobre a taxa fotossintética e a produção de massa seca (UHART & ANDRADE, 1995).

Assim, seu fornecimento estimula o crescimento do sistema radicular do arroz e aumenta o número de colmos e de panículas por área, o número de espiguetas por panícula, a fertilidade, o peso dos grãos e a porcentagem de proteínas nos grãos (FARINELLI et al., 2004).

Todavia, o aumento dos níveis de N aumenta a susceptibilidade da cultura à brusone, promove o acamamento das plantas, quando em doses elevadas, o que

interfere no processo de colheita e acentua os efeitos da falta de água, quando a mesma ocorre na fase reprodutiva da planta (PRABHU et al., 2003; HERNANDES et al., 2010).

Atualmente, tem se observado a utilização mais frequente de doses cada vez mais elevadas de N no sistema de cultivo de arroz de terras altas, principalmente, quando se adotam os cultivares mais promissores ou em sistemas, onde a falta de água não é limitante (Stone et al., 1999; ARF et al., 2003). Pesquisas indicam que a cultura responde em rendimento a doses que variam entre 40 a 180 kg ha<sup>-1</sup> de N (STONE et al., 1999; FIDELIS et al., 2012).

Têm-se observado também que quando aumenta-se a exigência do N, faz-se necessário o parcelamento da adubação, devido à facilidade de lixiviação deste elemento no solo e, principalmente, suas perdas por volatilização. Em estudos conduzidos por Santos et al. (1986), avaliando épocas, modos de aplicação e níveis de N, verificaram-se que o parcelamento, ou a aplicação de N na diferenciação do primórdio floral aumentou, significativamente, a produtividade de grãos, em condições adequadas de disponibilidade de água.

A deficiência de nitrogênio geralmente resulta em plantas com baixa produção de biomassa e senescência prematura, evidenciado pelo amarelecimento das folhas mais velhas (Malavolta, 1981). A adubação nitrogenada em cobertura deve ser realizada até o início do florescimento, atentando-se para fatores como disposição e uniformidade de aplicação (FAGERIA et. al., 1997).

As fontes de N mais recomendadas são a amídica (uréia) e a amoniacal, como o sulfato de amônio, os fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP), especialmente quando aplicadas em cobertura sobre o solo inundado, pois evitam maiores perdas de N por lixiviação e desnitrificação, (EMBRAPA, 2005).

O Brasil tem um solo com grande deficiência de fósforo. O potássio e nitrogênio tem mais níveis encontrados do que o fósforo. Por isso, se faz a importância a aplicação desse nutriente no solo. Na vida da planta, o fósforo participa direta ou indiretamente de todos os fenômenos ligados à preservação e à transferência de energia (EMBRAPA, 2013).

### **2.5.3.2. Fósforo**

Dentre os macronutrientes primários, o P é o de menor exigência para a cultura do arroz, porém é o de maior exportação percentual no produto colhido (Fornasieri & Fornasieri Filho, 1993) e o mais deficiente na maioria dos solos brasileiros, devido ao baixo teor natural e a alta capacidade de fixação (FAGERIA, 1999).

No arroz cultivado no ecossistema de várzea, a literatura é abundante, porém, as cultivares possuem sistema radicular mais superficial e denso, morfologicamente diferente das cultivares de arroz utilizadas no ecossistema de terras altas (NEMATO & SHIGENORI, 1994).

O contato íon raiz para o P dá-se por difusão, movimentado-se pouco e vagarosamente no solo, obrigando a um crescimento constante do sistema radicular (Rosolem, 1995). A difusão de P no solo é mais limitante para a absorção de P do que a velocidade de absorção radicular (Araújo, 2000). Segundo Rosolem et al. (1994), os principais fatores que afetam a absorção de P pelas plantas são a taxa de crescimento radicular, a concentração do P na solução do solo e raio médio das raízes.

Para elementos com baixa taxa de difusão no solo, como os fosfatos, plantas com maior superfície radicular possuem maior capacidade para absorção dos nutrientes do solo (Teo et al., 1995), em virtude da proximidade entre a superfície absorptiva da raiz e o nutriente ser muito importante (HARPER et al., 1991; ROSOLEM, 1995).

Vários processos da planta como a fotossíntese, o crescimento e o desenvolvimento das raízes das plantas que o nitrogênio, o fósforo atua. No arroz, o fósforo é importante para o perfilhamento, a formação e a qualidade dos grãos. No entanto, a adubação fosfatada é essencial, tanto para aumentar a produtividade das culturas, como para compensar a deficiência, elevando os níveis na solução do solo (EMBRAPA, 2013).

Os teores de fósforo na solução do solo, além de muito baixos, são insuficientes para suprir as necessidades de uma cultura. Particularmente, este nutriente está envolvido em processos de fixação, que podem ser permanentes para a maioria dos solos tropicais ácidos (STEFANUTTI et al., 1991).

O fósforo é o nutriente mais limitante para o início do desenvolvimento e crescimento das plantas. Ao contrário dos demais nutrientes, a adubação com P assume a particularidade de aplicar uma quantidade várias vezes maior do que aquela exigida pelas plantas, pois se torna necessário satisfazer a exigência do solo, saturando os componentes responsáveis pela fixação do P (FURTINI NETO et al., 2001).

A deficiência de P nos solos tropicais é intensa graças à elevada acidez e a presença de grandes proporções de argila sesquioxídica, o que aumenta muito a adsorção de fosfatos e a formação de precipitados com Fe e Al, reduzindo, conseqüentemente, a disponibilidade de P para as plantas (SANCHEZ; SALINAS, 1981).

A quantificação da relação P na solução/ P na fase sólida pode ser obtida, em laboratório, por meio de isotermas de adsorção. Em geral, quanto maior o teor de

argila, maior a quantidade de P retida na fase sólida e, conseqüentemente, o teor de P na solução do solo será menor (SOUSA & LOBATO, 2003).

O P inicialmente adsorvido a superfície de agregados de solo difunde-se, com o tempo, para seu interior. É um processo lento, que pode levar anos para atingir o equilíbrio, devendo ser, também, responsável pela diminuição da disponibilidade de P de um solo recém fertilizado, com o aumento do tempo de contato do P de um solo (BARROW, 1985).

Os solos das regiões tropicais úmidas, devido ao processo de intemperização, apresentam riqueza de sesquióxidos de ferro e alumínio, os quais podem se apresentar com cargas positivas e, conseqüentemente adsorver o ânion fosfato em suas superfícies. A reação dos fertilizantes fosfatados com o solo depende do pH, da textura e da natureza dos colóides (PEREIRA & FARIA, 1998).

O perfilhamento, a altura da planta, o desenvolvimento do sistema radicular, a qualidade dos vegetais e dos grãos e formação das sementes são influenciados pelo teor de P disponível para a planta de arroz (Fageria, 1992). O P é um elemento móvel na planta, e a deficiência aparece primeiramente nas folhas velhas. A deficiência de P na cultura do arroz reduz o perfilhamento e prolonga o ciclo da cultura, ocasionando assim redução na produção.

A adubação fosfatada corretiva é indicada para solos argilosos com teores de fósforo entre 1,0 mg/dm<sup>3</sup> e 2,0 mg/dm<sup>3</sup> e para solos arenosos com teores entre 6,0 mg/dm<sup>3</sup> e 10,0 mg/dm<sup>3</sup>. Essa recomendação serve tanto para áreas onde se pretende iniciar o sistema de plantio direto como para áreas de cultivo convencional, devendo-se ressaltar que, em ambos os casos, o fertilizante deve ser incorporado ao solo. Essa adubação pode ser feita, gradativamente, fazendo-se aplicações anuais de

superfosfatos no sulco de plantio ou de uma só vez, a lanço, utilizando-se fontes menos solúveis do que os superfosfatos (EMBRAPA, 2013).

O arroz irrigado tem mostrado respostas semelhantes às diferentes fontes de P existentes. Alguns fosfatos naturais reativos, como o de Arad, de Gafsa e de Marrocos, entre outros, isolados ou misturados com fosfatos solúveis em água, têm mostrado eficiência comparável a destes últimos, notadamente em solos com teor de P superior a 3 mg dm<sup>3</sup>. As principais fontes solúveis de P utilizadas são: superfosfato triplo (SFT) e os fosfatos diamônico (DAP) e monoamônio (MAP), (EMBRAPA, 2005).

### **2.5.3.3. Potássio**

A cultivar arroz absorve muito potássio, pois é o nutriente mais absorvido pela planta, por consequência disso, felizmente, é pouco exportado pelos grãos (apenas 20%). Para a cultura do arroz é de grande importância o uso do potássio como nutrientes, pois interagem na fotossíntese, colabora regularmente na abertura e o fechamento dos estômatos das folhas, pois é importante para reduzir as perdas de água e também é responsável pelo transporte de carboidratos solúveis dentro da planta, portanto é importante para aumentar a massa dos grãos (EMBRAPA, 2013).

O Potássio (K) é um elemento importante para vários processos fisiológicos e bioquímicos na planta. Em quantidade adequada, favorece o desenvolvimento do sistema radicular, que é importante para absorção de água e nutrientes pelo arroz de terras altas (Fageria, 2009). Além disso, o potássio é acumulado em maior quantidade pela planta de arroz em comparação com outros nutrientes essenciais (Fageria et al., 2011). O potássio por sua vez, aumenta a produção, melhora a qualidade do produto e confere à planta maior resistência às pragas e doenças (FAGERIA, 1997; FAGERIA & SANTOS, 2003).

Leon (1985), comenta que a resposta da cultura do arroz ao potássio é menos frequente do que as respostas para fósforo e nitrogênio; no entanto, observou que maiores teores do nutriente no tecido da planta, implicam em maior tolerância à seca, menor suscetibilidade à algumas doenças e aumento da eficiência da adubação com nitrogênio e fósforo.

A capacidade de fortalecer as paredes celulares do colmo com lignina é um dos efeitos mais conhecidos do potássio, maior resistência ao acamamento do cultivar de arroz, e também às doenças e às pragas (EMBRAPA, 2013). O potássio deve ser parcelado no caso os solos forem muito arenosos e de baixa capacidade de retenção desse elemento, recomenda-se aplicar o potássio em duas vezes, juntamente com o nitrogênio (EMBRAPA, 2013).

Em relação às fontes de K, as opções são poucas, visto que, das duas principais fontes disponíveis no mercado brasileiro, cloreto e sulfato de potássio, a primeira atende praticamente a totalidade da área cultivada com arroz irrigado no País. Ademais, o cloreto é mais concentrado em K e mais barato. A presença do enxofre no sulfato de potássio, pode, também, em determinadas circunstâncias, causar danos à produtividade, (EMBRAPA, 2005).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Local do experimento

O delineamento experimental foi realizado na casa de vegetação do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas. Rua 29 de Agosto, Centro, Humaitá, Amazonas.

#### 3.2. Clima da região

O clima da região sul do Amazonas, é caracterizado por ser tropical quente, úmido e com pluviométrica alta. Para controlar os ambientes externos, o delineamento experimental foi implantado dentro do perímetro de casa de vegetação.

#### 3.3. Solo

Os ensaios foram conduzidos com amostras coletadas de 0,0 – 0,20 m dos solos: Cambissolos Hámplico Alítico Plíntico (Campos, 2009), de acordo com análise do solo conforme seguinte (Tabela 1). A cultivar utilizada foi arroz BRS primavera.

**Tabela 1:** Análise química e porcentagem de argila solo, conforme a 5ª aproximação.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC	SB	V	argila
CaCl <sub>2</sub>	Mg/dm <sup>-3</sup>	-----Cmolc/dm <sup>-3</sup> -----							%	
4,37	0,01	0,03			2,37	1,83	10,18	4,24	41,19	42

Análise da amostra de granulometria do solo de 0,00 a 0,20m.

#### 3.4. Condução do experimento

No delineamento experimental foram realizadas as seguintes aplicações de doses de fósforo e nitrogênio: 0, 150, 300 e 450 Kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e também de doses de 0, 100, 200 e 300 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Esses nutrientes as suas doses foram aplicadas com interação usando os dois nutrientes e cada interação sendo repetida quatro vezes. As fontes de nutrientes de adubação foi Superfosfato triplo (37% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) fonte de fósforo; ureia fonte (45% de N); e KCl fonte (60% de K<sub>2</sub>O) potássio.

Foram usados 64 vasos de 5L (de dimensão 35x35x50cm) cada. Esses foram preenchidos com solos peneirados e em seguida foi corrigido com calcário de 1,12 ton ha<sup>-1</sup> de acordo com as análises, deixando o calcário reagir por proximamente 30 dias no solo, e logo após foi feito sementeira, em média de 6 sementes por vaso. Após a germinação foi feita adubações de NPK (todos feitos pela recomendação da 5ª aproximação MG, de acordo com as análises feitas a partir do solo coletado), sendo que o N foi dividido em três parcelas, a primeira aplicado neste dia e outras duas aplicadas a cada 20 dias (100kg ha<sup>-1</sup> por parcela) para evitar a queima e perda por volatilização para o meio. O fósforo foi aplicado todo, potássio (70 kg ha<sup>-1</sup> de acordo com a exigências da análises que foi feita do solo coletado). Foi realizada o desbaste logo após a fase de plântulas e deixando somente duas melhores plantas por vaso.

Foram feitas quatro vezes a medida de altura de planta, desde rente ao solo até a folha bandeira de cada planta por vaso e tirando a média delas para análises. A primeira ocorreu no dia 29 de agosto nos 20 dias após a emergência (DAE) e as outras medidas foram feitas para cada 20 dias após deste. Aos 40 DAE foram feitas as contagens de números de panículas de cada planta por parcela e tirada as media pela mesma por vaso, assim para todas as parcelas. Nos meses de Novembro e Dezembro de 2013, foram feitas para cada parcela: as coletas de panículas e pesadas das mesmas, foi feito o corte da matéria seca da parte aérea das plantas em seguida foram colocadas para estufa aos 60°C para secar, depois de três dias foram pesadas. No final foi feito as contagens e pesagens das sementes cheias e chochas e tirada o teor de umidade de cada parcela do experimento.

### **3.5. Para avaliação das plantas foram utilizados os seguintes parâmetros:**

#### **3.5.1. Delineamento experimental**

Para o experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial de 4x4 correspondente aos níveis de nitrogênio e fósforo.

#### **3.5.2. Parâmetros analisados**

- **Matéria seca da parte aérea:** ao final do ensaio será retirada a parte aérea das plantas de cada parcela para secagem em estufa de circulação forçada de ar, à 60°C até peso constante.
- **Altura da planta:** obtidas pela medição das plantas em cada parcela, a cada 20 dias no total de 80 dias, considerando-se a altura desde a superfície do solo até a inserção da folha-bandeira;
- **Número de panículas:** contagem do número de panículas por parcela aos 40 dias;
- **Peso de panículas:** pesagem de panículas por parcela, depois que foram coletadas no campo no final do experimento;
- **Números de sementes:** contagens de sementes por parcela;
- **Peso de sementes:** pesagem de sementes por parcela;
- **Número de sementes chocho:** contagem de sementes chocho por parcela;
- **Peso de sementes chocho:** pesagem de sementes chocha por parcela.

### **3.6. Análise estatística**

Os dados obtidos no delineamento experimental foram submetidos por meio da análise da variância, no teste de média Regressão, no programa computacional SISVAR. Assim para fins os resultados de níveis de significância de cada variável e suas médias. Com objetivo de comparar a interação entre as doses e nutrientes nas variáveis.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variável analisada: Peso De Panícula

De acordo com as análises de Regressão dessa variável (Tabela 2), foi observado que os nutrientes Fósforo e Nitrogênio e a sua interação foram significativos. Como o trabalho foi feito com a interação dos nutrientes e como foram significativas, faz sentido focar nestes.

**Tabela 2:** Análise de variância do peso de panícula.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	91,227447	21,576	0,0000
Fósforo	817,628218	193,378	0,0000
N * P	9,827035	2,324	0,0291

CV: 15,70%

Quadrados Médios (QM); Fator calculado (Fc); probabilidade (Pr).

Análise do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível de Fósforo, (Tabela 3). Na dose zero de Fósforo não foi significativo durante as aplicações de doses de Nitrogênio, mas nas outras doses foram significativos a 5% de probabilidade em relação do Fator calculado, como na dose 150 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de P obteve resultados lineares da forma que aumenta as doses de N; Na dose 300 /ha obteve resultado em forma de parábola nas doses de N.

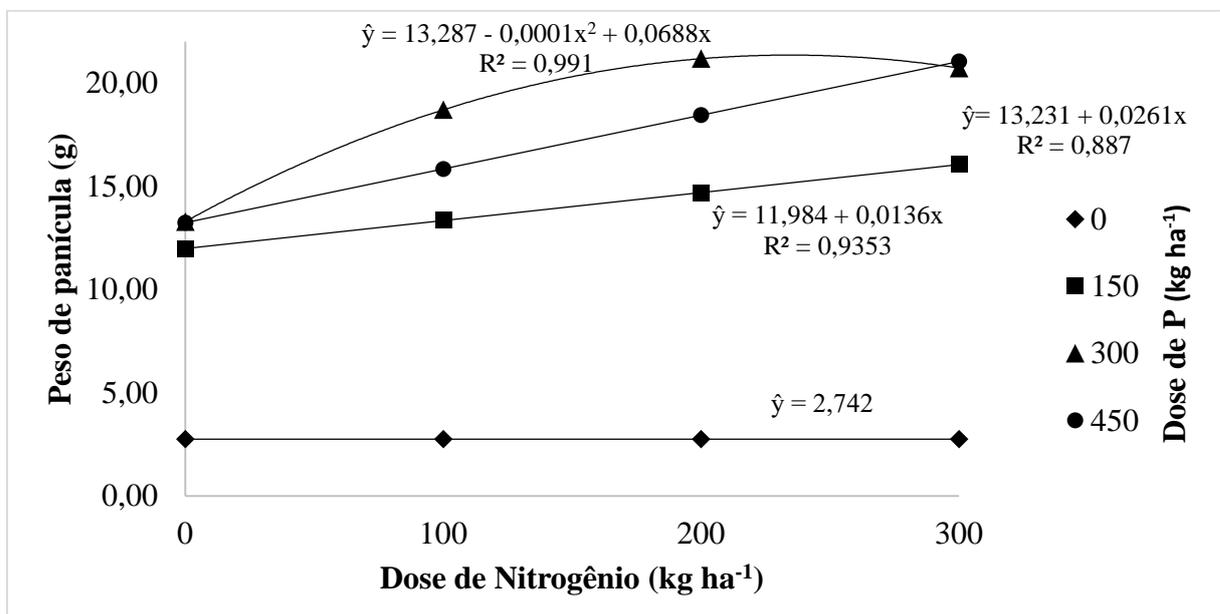
**Tabela 3.** Análise de variância do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível de Fósforo

FV/kg ha <sup>-1</sup> de P	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio/0	3,684117	0,871	0,4611
Nitrogênio/150	13,091506	3,096	0,0350
Nitrogênio/300	52,938273	12,520	0,0000
Nitrogênio/450	50,994656	12,061	0,0000

Fator Variável (FV); Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr); Fósforo (P).

Na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de P não teve o nível de significância, com a média de 2,74g no peso de panícula que foi tirado das 4 doses de N. As doses de 150 e 450 kg ha<sup>-1</sup> que obtiveram os resultados lineares o de 450 se saiu melhor em relação da 150, pois

foi mais progressivo e positivo no resultado desde o de 0 até os de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, na qual o resultado foi 21,04g de peso de panícula na dose máxima de N, enquanto os de 150 foram 16,05g. A dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de P teve um resultado de forma em parábola, o resultado foi melhor na dose 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, com 21,18g de peso de panícula e na dose 300 de N teve um decréscimo para 20,72g em relação a de 200 do mesmo, enquanto na dose 0 de N as doses 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> estiveram o mesmo resultado, (Figura 1).



**Figura 1.** Análise de variância do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível de Fósforo (0, 150, 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup>) para o peso de panícula.

Análise do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio, conforme na (Tabela 4). Todas as doses de P com a interação com as doses de N teve significativo nas análises, com resultado de parábola.

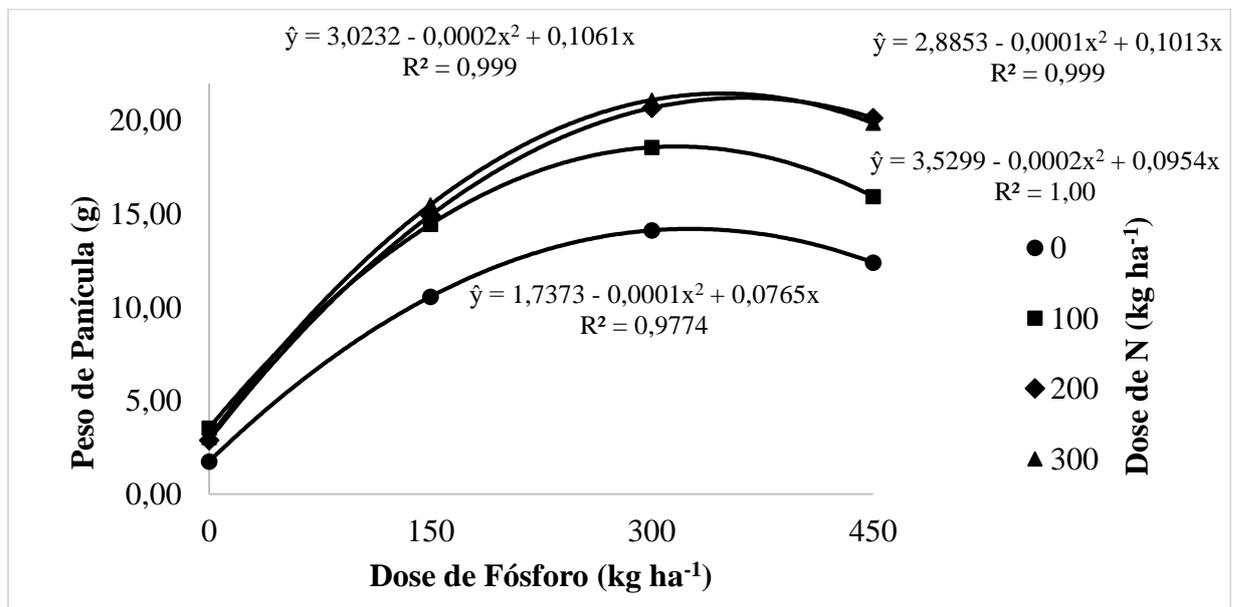
Análise do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio. De acordo com essa análise a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N teve o resultado mais baixo em relação as outras doses do mesmo nutriente, a melhor dose de P para dose 0 de N foi de 300 kg ha<sup>-1</sup>, o resultado foi 21,11g para o peso de panícula, 450 kg ha<sup>-1</sup> obteve um

resultado abaixo a de 300 kg ha<sup>-1</sup> de P para dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N. As doses 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, teve resultado bem próximos de a partir de 0 até 150 kg ha<sup>-1</sup> de P durante o crescimento da parábola, de 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, teve os seus resultados bem próximos entre si, cujo a de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N teve levemente superior a de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados nas doses 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de P, a de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N teve melhor resultado na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de P, com resultado de 21,11g de peso de panícula. Enquanto na dose de 450 kg ha<sup>-1</sup> de P teve decréscimo no resultado para todas doses de N, ( Figura 2).

**Tabela 4:** Análise de variância do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio.

FV/kg ha <sup>-1</sup> de F	QM	Fc	Pr>Fc
Fósforo /0	124,201158	29,375	0,0000
Fósforo /100	176,078456	41,644	0,0000
Fósforo /200	273,691017	64,731	0,0000
Fósforo /300	273,138692	64,600	0,0000

Fator Variável (FV); Quadrados Médios (QM); F calculado (Fc); probabilidade (Pr); Nitrogênio (N).



**Figura 2.** Análise de variância do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) para o peso de panícula.

#### 4.2. Variável analisada: Número de Sementes

Nessa análise a interação de N e P não foram significativos e sim cada um separadamente, ou seja, para essa variável os nutrientes contribuíram separadamente sem depender da interação, para quantidades de sementes. O resultado foi em forma de parábola, (Tabela 5).

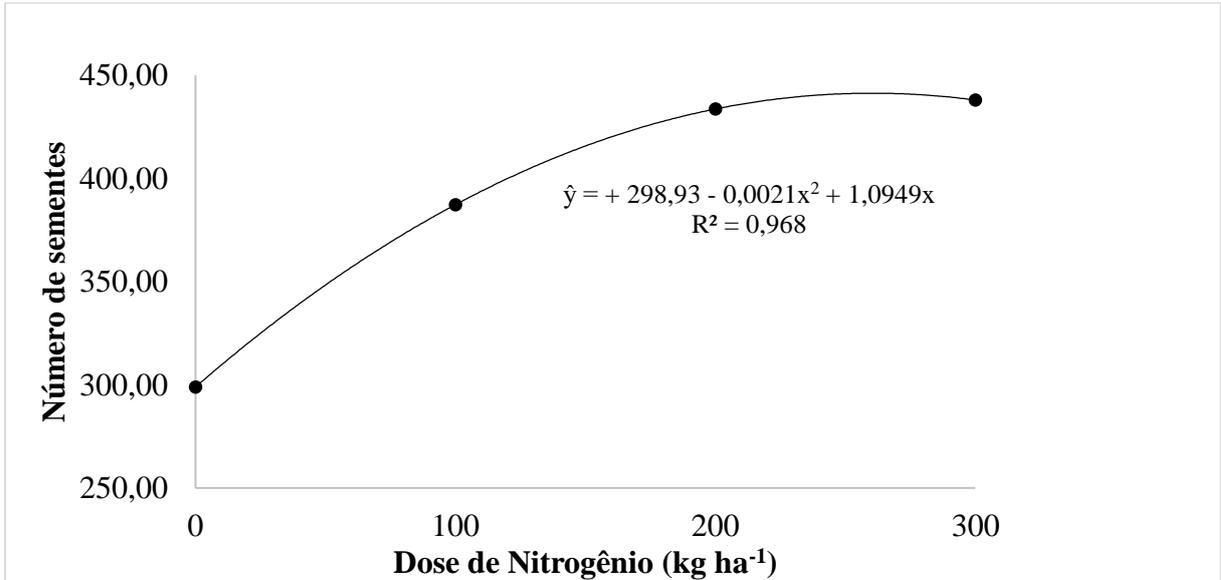
**Tabela 5:** Análise de variância de número de sementes.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	69.062,625000	11,741	0,0000
Fósforo	70.9513.708333	120,622	0,0000
N * P	11.798,361111	2,006	0,0591

CV: 19,69%

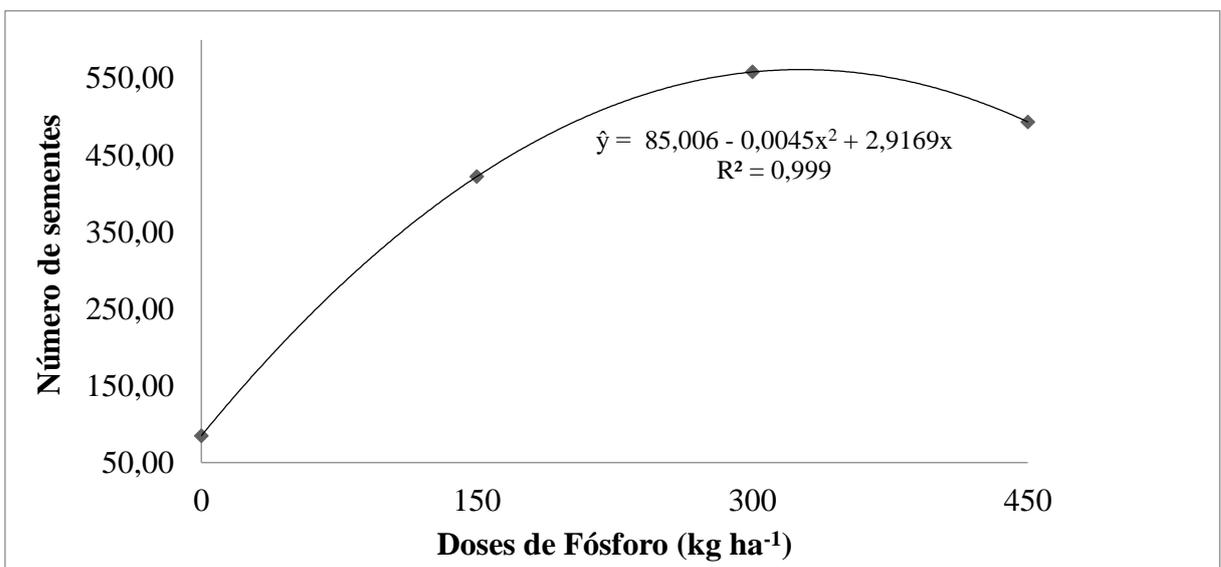
Quadrados Médios (QM); F calculado (Fc); probabilidade (Pr).

O nutriente N teve um resultado em forma de parábola de acordo que aumentava a sua dose, a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> até a dose 100 kg ha<sup>-1</sup> de N teve um resultado próximo de linear durante o aumento da dose, assim teve um aumento expressivo de quantidades de sementes, na dose 0 obteve 299 sementes e de 100 foi 387 sementes, na dose 100 até 200 kg ha<sup>-1</sup> teve uma grande diferença na quantidades de sementes, um resultado bem expressivo na diferença, sendo que de 200 obteve 434 sementes; e de 200 à de 300 kg ha<sup>-1</sup> teve um melhor resultado foi entre os dois, o pico máximo foi próximos de 250 kg ha<sup>-1</sup>, a de 300 kg ha<sup>-1</sup> foi a melhor em relação das outras doses aplicadas no experimento, com resultado estimado de 438 sementes, (Figura 3). O mesmo ocorreu nos trabalhos similares com Andrade e Amorim Neto (1996) para grãos cheios por panícula. Isso indica que a produtividade de grãos é realmente dependente do número de panículas m<sup>2</sup>, conforme citado por Taher et al. (1987).



**Figura 3.** Aumento de quantidades de sementes conforme que aumenta a dose de Nitrogênio.

O nutriente P teve um resultado bem mais expressivo do que N, na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de P foi 85 sementes, quando aumenta para 150 kg ha<sup>-1</sup> foi para 422 sementes, um grande avanço no aumento. Na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> obteve 558 sementes, chegando bem próximo do pico máximo de produção de sementes; e na dose 450 teve um resultado negativo em relação de 300, pois foi de 493 sementes, (Figura 4). Dessa forma o P desempenha um importante papel na produção de grãos (FAGERIA, 1999).



**Figura 4.** A variação de produção de sementes de acordo com aumento da aplicação do Fósforo.

### 4.3. Variável analisada: Peso de Sementes

Nessa análise a interação de N e P não foi significativo e sim cada um separadamente foram, ou seja, para essa variável os nutrientes contribuíram separadamente sem depender da interação, para peso de sementes, (Tabela 6).

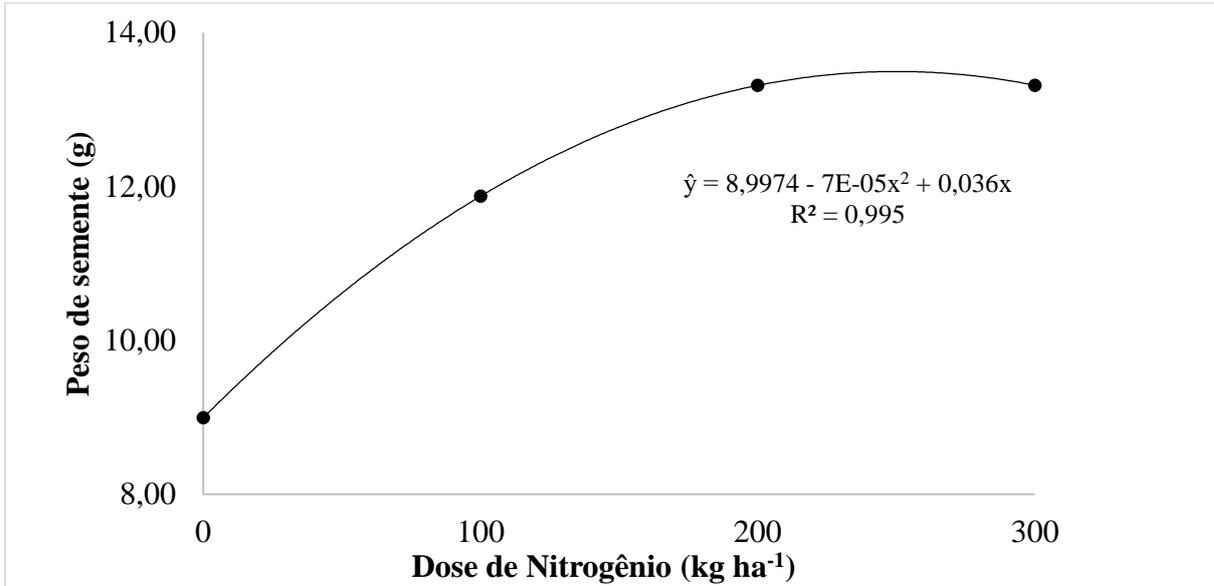
**Tabela 6:** Análise de variância peso de sementes.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	66,605073	16,117	0,0000
Fósforo	676,559719	163,713	0,0000
N * P	7,448219	1,802	0,0923

CV: 17,12%

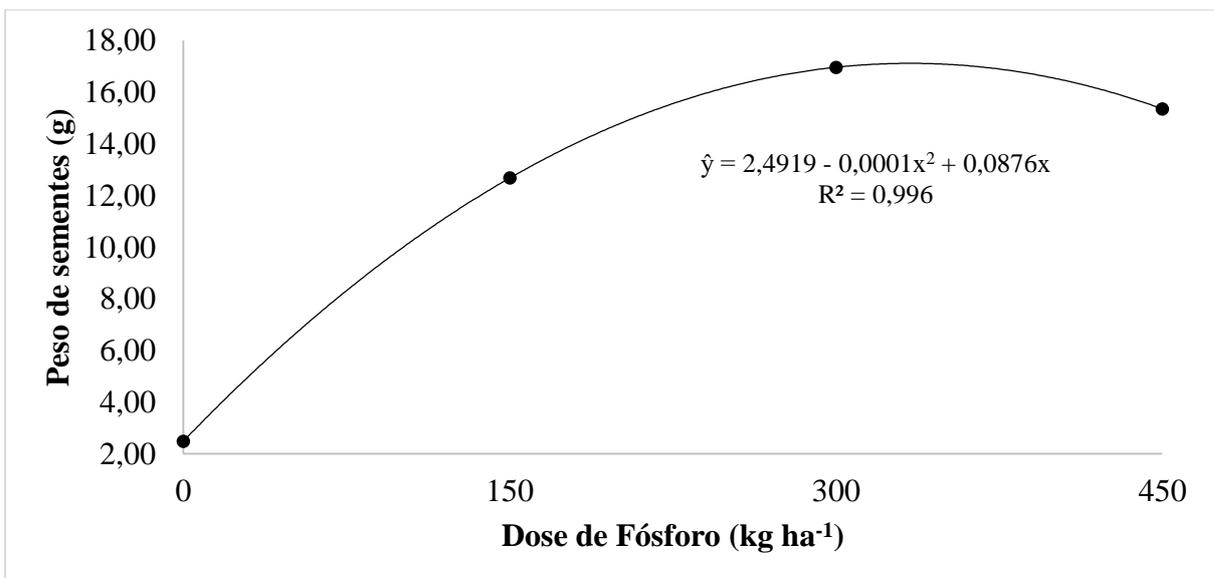
Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr).

Nas doses de N, a de 0 kg ha<sup>-1</sup> foi bem próximo de 9g de peso de sementes; de 100 kg ha<sup>-1</sup> foi de 11,87g, com um aumento bem expressivo da dose 0 kg ha<sup>-1</sup>; de 200 foi de 13,31g; e de 300 kg ha<sup>-1</sup> foi de 13,32g. Sendo que o pico foi entre de 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> chegando próximo de 13,5g nas análises estimadas, (Figura 5). Mariot *et al.* (2003) também obtiveram resposta positiva e linear para a mesma característica, evidenciando a importância da adubação nitrogenada para a característica da massa de grãos e consequentemente a produtividade de grãos (LARCHER, 2000).



**Figura 5.** A variação peso de sementes conforme o aumento da aplicação do Nitrogênio.

Nas doses de P, como na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> foi de 2,49g de sementes, ou seja a sua produção foi bem baixa; de 150 kg ha<sup>-1</sup> foi de 12,68g de sementes, um grande aumento em relação a de 0; a de 300 kg ha<sup>-1</sup> obteve resultado estimado de 16,97g de sementes, chegando próximo do pico máximo da produção; a de 450 kg ha<sup>-1</sup> foi de 15,36, um decréscimo em relação de 300 kg ha<sup>-1</sup>, (Figura 6).



**Figura 6.** A variação peso de sementes de acordo com aumento da aplicação do Fósforo.

#### 4.4. Variável analisada: Número de Sementes Chocho.

Nessa análise a interação de N e P não foi significativo e sim cada um separadamente foram, ou seja, para essa variável os nutrientes contribuíram separadamente sem depender da interação, para o número de sementes chochas, (Tabela 7). As doses de N e de P os seus resultados foram lineares, conforme as (Figuras: 7 e 8).

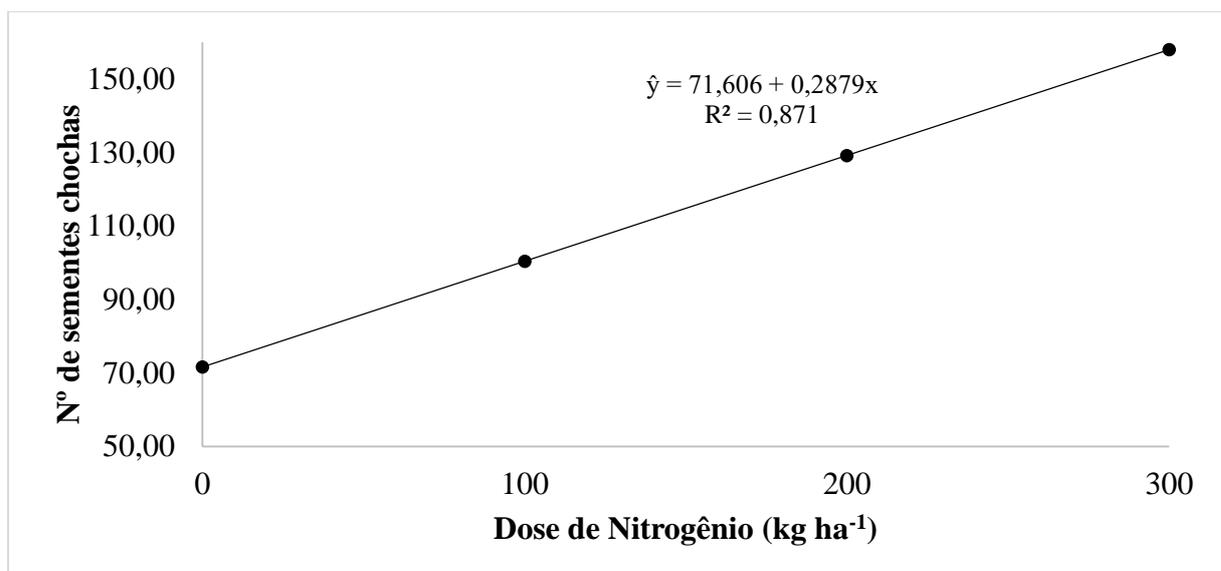
**Tabela 7:** Análise de variância número de sementes chochos.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	25.372,932292	10,153	0,0000
Fósforo	73.119,682292	29,260	0,0000
N * P	4.928,751736	1,972	0,0637

CV: 43,55%

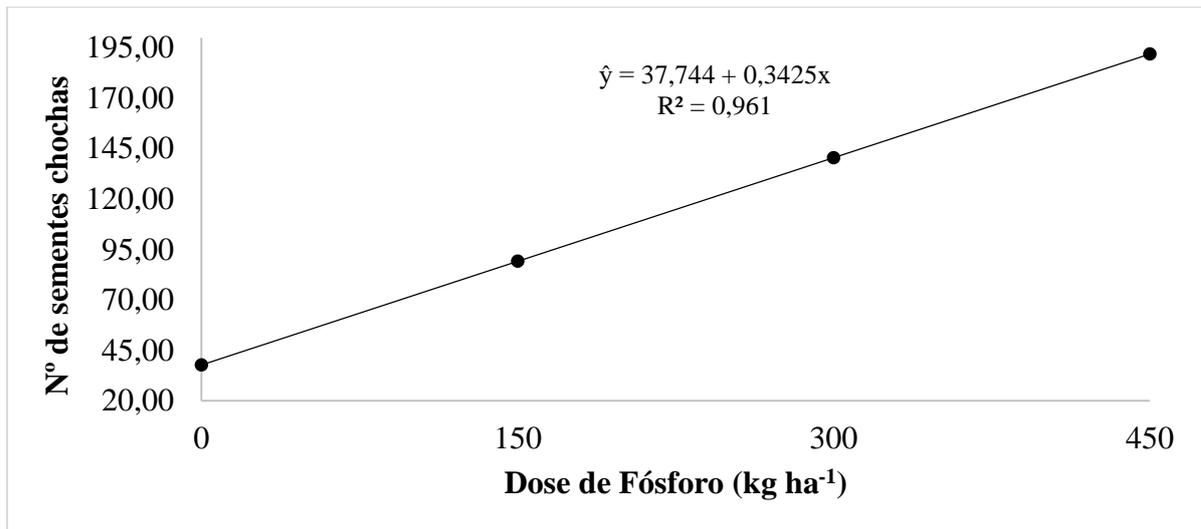
Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr).

O nutriente N, de acordo que aumentava a sua dose obteve um resultado linear crescente, a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> teve 72 sementes chochas e na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> chegou a ter 158 sementes chochas, ou seja da forma que aumentavam as doses também aumentava a quantidades de sementes chochas linearmente (Figura 7).



**Figura 7.** A variação de número de sementes chochas da forma que aumenta a aplicação do Nitrogênio.

O fósforo também se comportou da mesma forma ao de nitrogênio nesta variável, a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> obteve 38 sementes chochas na sua iteração e de 450 kg ha<sup>-1</sup> 192 sementes chochas, ou seja teve um crescimento linear de sementes chochas de acordo que aumentava as doses de P nesta variável (Figura 8).



**Figura 8.** A variação de peso das sementes chochas da forma que aumenta a aplicação do Fósforo.

#### 4.5. Variável analisada: Peso de Sementes Chochas

Nessa análise a interação de N e P não foi significativo e sim cada um separadamente foram, ou seja, para essa variável os nutrientes contribuíram separadamente sem depender da interação, para o Peso de sementes chochas. As doses de N e de P os seus resultados foram lineares, (Tabela 8).

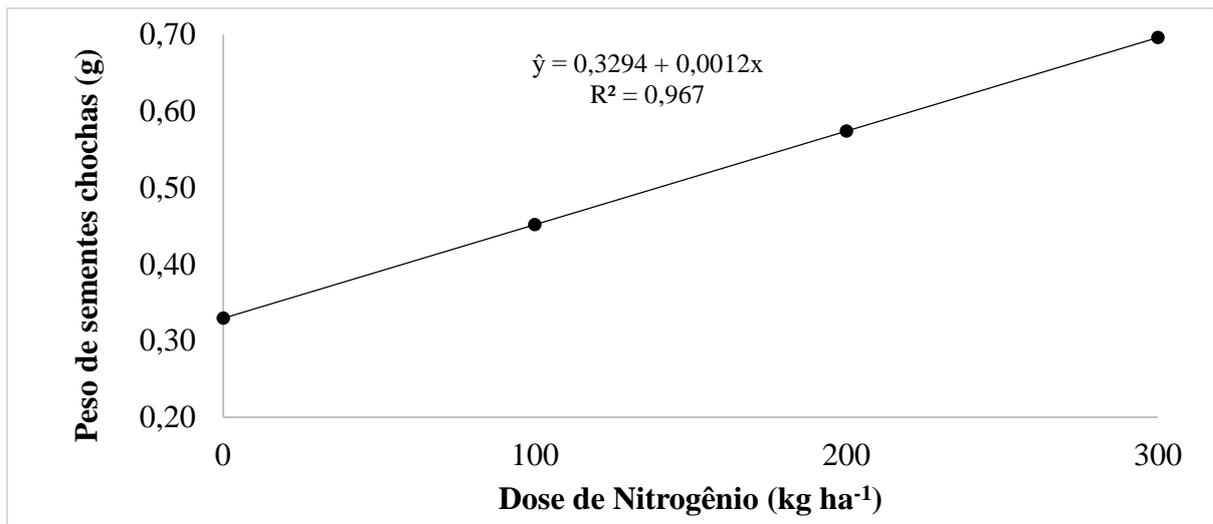
**Tabela 8:** Análise de variância número de sementes chochos.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	0,412269	6,368	0,0010
Fósforo	1,012590	15,640	0,0000
N * P	0,115547	1,785	0,0959

CV: 49,62%

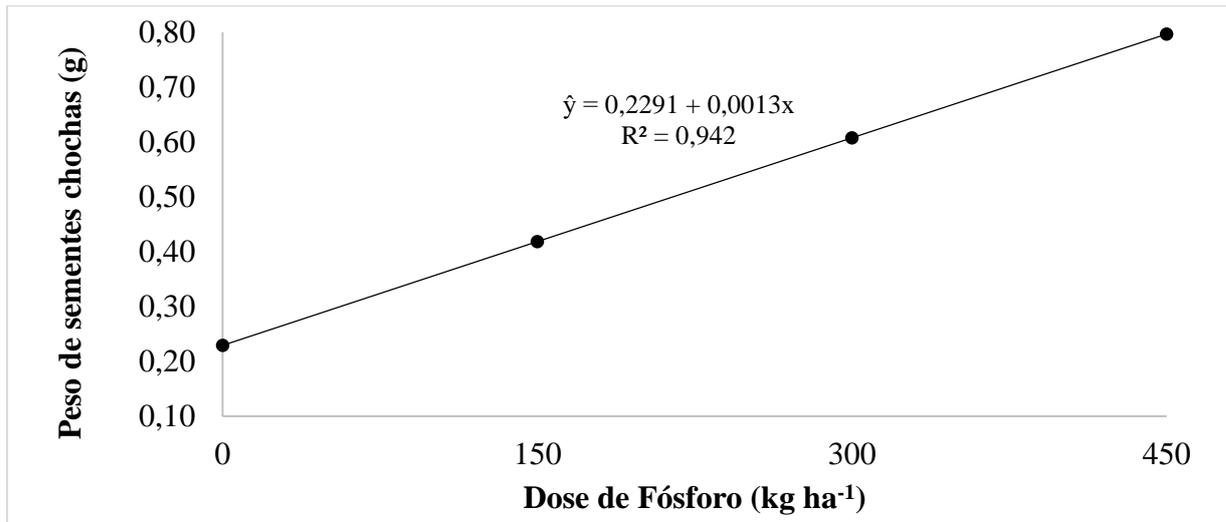
Quadrados Médios (QM); F calculado (Fc); probabilidade (Pr).

Observa-se que na (Figura 9), conforme aumentou-se a dose de nitrogênio, houve um acréscimo linear na variável de peso de sementes chochas, obteve-se os seguintes resultados: a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> foi de 0,33g de sementes chochas e na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> foi de 0,7g, um aumento de peso das sementes chochas da forma que vai aumentando as doses de N.



**Figura 9.** A variação do peso de sementes chochas da forma que aumenta a aplicação do Nitrogênio.

O fósforo teve o mesmo comportamento similar na análise feita para o N nessa variável, no qual para o 0 kg ha<sup>-1</sup> de P foi 0,23g de sementes chochas e na dose máxima (450 kg ha<sup>-1</sup>) foi de 0,8g. Dessa forma pode ser observado que aumentando as doses também consequentemente há aumento do peso de sementes chochas (Figura 10).



**Figura 10.** A variação do peso de sementes chochas da forma que aumenta a aplicação do Fósforo.

#### 4.6. Variável analisada: Peso de Massa Seca

Nessa análise a interação de N e P foi significativo e também cada um separadamente, neste caso o foco é a interação que é observada na análise, para o Peso de massa seca, (Tabela 9). Análise do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível de Fósforo. Na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de P nas doses de N não foi significativo na interação, mas as outras doses foram significativas para as doses de N. Na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P com a interação nas doses de N foi uma parábola; Nas doses de 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> com a interação nas doses de N foram lineares, (Figura 11). Pois há uma interação entre esses dois nutrientes (FAGERIA; MOREIRA; COELHO, 2011).

**Tabela 9:** Análise de variância peso de massa seca.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	366,001506	38,956	0,0010
Fósforo	1.694,305739	180,337	0,0000
N * P	47,596035	5,066	0,0001

CV: 16,47%

Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr).

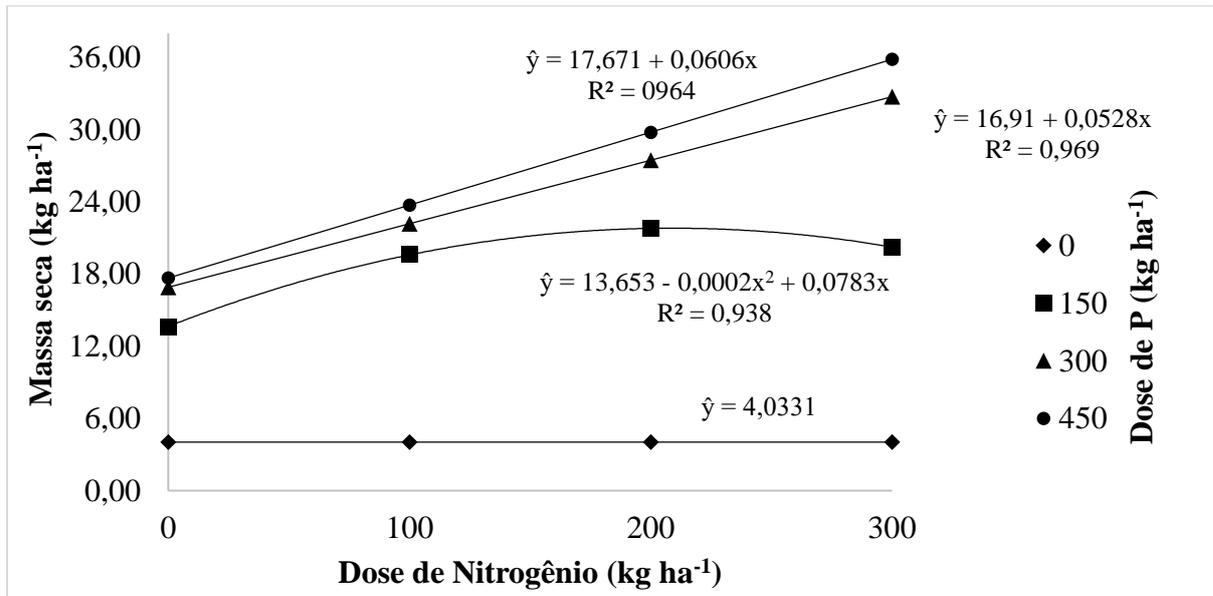
Análise do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível de Fósforo, (Figura 11). Na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de P para todas doses de N, não foi significativo, neste

caso foi tirado uma média dessa dose, obtendo 4,03g de massa seca aérea do arroz. Para dose 150 kg ha<sup>-1</sup> teve um resultado e forma de parábola, a dose 0 de N foi de 13,65g de massa seca; na dose 200 kg ha<sup>-1</sup> de N foi o pico de peso da massa com resultado de 21,8g de massa seca; para 300 kg ha<sup>-1</sup> de N teve um decréscimo para 20,25g de massa. Para as doses 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de P interagindo com a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N foi linear nas análises e teve resultados bem próximos no peso de massa seca, a 300 obteve 16,91g e 450 com 17,67g de massa; e para outras doses de N a dose 450 kg ha<sup>-1</sup> de P teve resultado mais expressivo em relação de 300 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 450 kg ha<sup>-1</sup> de P teve na interação com a dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de N com 35,85g de massa seca, enquanto a de 300 kg ha<sup>-1</sup> de P para dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de N foi de 32,75g. O trabalho feito com o N sem a interação do P na massa seca teve a mesma correlação a este, citados pelos (Brandão, 1974; Campelo Jr, 1985; Andrade e Amorim Neto, 1996).

**Tabela 10:** Análise de variância do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível de Fósforo.

FV/kg ha <sup>-1</sup> de P	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio/0	8.567190	0.912	0.4408
Nitrogênio/150	54.382542	5.788	0.0018
Nitrogênio/300	191.882523	20.423	0,0000
Nitrogênio/450	253.957356	27.030	0,0000

Fator Variável (FV); Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr); Fósforo (P).



**Figura 11.** Análise de variância do desdobramento de Nitrogênio dentro de cada nível de Fósforo (0, 150, 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup>).

Análise do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio. Todo o nível de doses de N teve interação significativa com as doses de P conforme a (Tabela 11). Todos os níveis de N para todas as doses de P foram de forma de parábola (Figura 12).

**Tabela 11:** Análise de variância do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio.

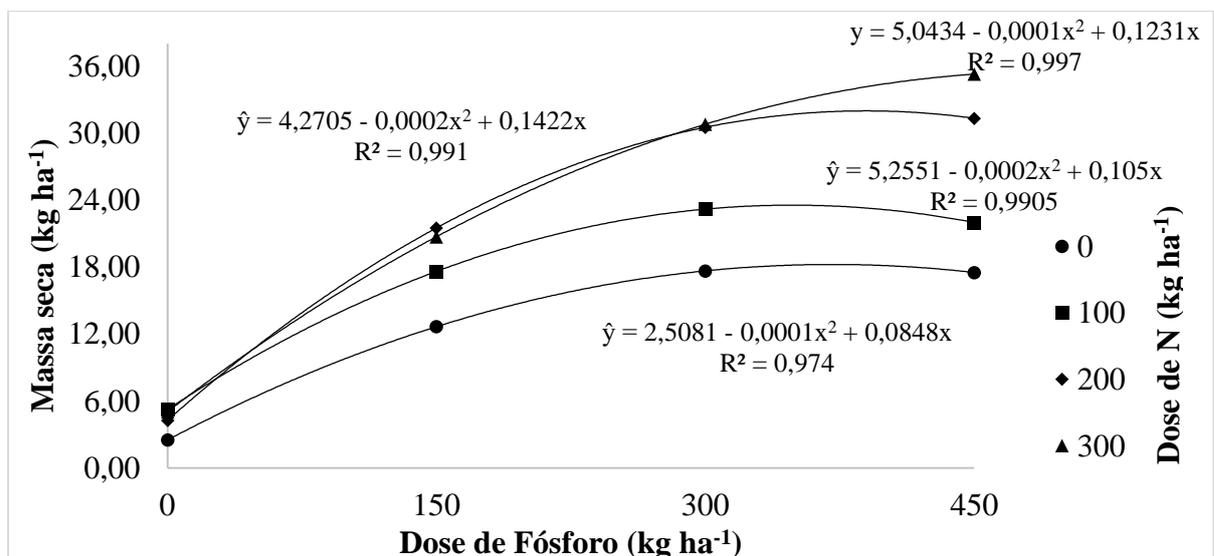
FV/kg ha <sup>-1</sup> de F	QM	Fc	Pr>Fc
Fósforo /0	207,476873	22,083	0,0000
Fósforo /100	271,233973	28,869	0,0000
Fósforo /200	637,621842	67,867	0,0000
Fósforo /300	720,761156	76,716	0,0000

Fator Variável (FV); Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr); Nitrogênio (N).

Neste desdobramento de fósforo em cada nível de nitrogênio, ocorreu a interação entre si, percebeu-se que o nutriente fósforo teve resultado positivo as suas doses aplicadas nas doses de nitrogênio, ou seja, a massa seca teve boa influência com esse nutriente P. A dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N para dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de P obteve resultado de 2,51g de massa seca, quando chega dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de P obtém um resultado de massa seca próximo ao pico 17,65g, e quando chega a de 450 de P começa a perder

a massa seca chegando a 17,51g. Onde que não foi aplicada nenhuma dose de fósforo que interagem com as doses 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, teve o peso de massa seca, bem próximos variando 1,0g entre o máximo e o mínimo de massa seca, que na dose máxima foi 5,25g na dose 100 kg ha<sup>-1</sup> de N. Nas doses 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados até 300 kg ha<sup>-1</sup> de P, continuaram obtendo resultados de massas secas bem próximas, quando chegam na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de P o resultado varia entre essas doses foi de 0,28g de massa seca, o máximo foi 30,79g na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de N. Enquanto na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado na dose 450 kg ha<sup>-1</sup> de P obteve a melhor resultado de massa seca de todas outras doses, resultando-se 35,27g; e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado na dose 450 kg ha<sup>-1</sup> teve 31,32g de massa seca, (Figura 12).

Conforme o acúmulo de massa seca da parte aérea entre cultivares de arroz de terras altas decorrente da adubação fosfatada, foi constatada por outros pesquisadores (SANT'ANA et al., 2003; ZOBEL, 2003; WISSUWA, 2005; MALAVOLTA, 2006; FAGERIA, 2007; FAGERIA; MOREIRA, 2011).



**Figura 12.** Análise de variância do desdobramento de Fósforo dentro de cada nível de Nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup>).

#### **4.7. Variável analisada: Altura (20, 40, 60 e 80 dias após a emergência - DAE)**

Nessas análises foram observadas que somente o P foi significativo conforme as (Tabelas: 12, 13, 14 e 15) para as 4 medidas de alturas que foram realizadas no experimento. Dessa forma, cada 20 dias de a partir dos 20 DAE obteve o levantamento de altura por vez em todo o experimento. De acordo com Fageria (1992) o teor do fósforo disponível para planta de arroz, favorece no desenvolvimento do perfilhamento, a altura da planta, o desenvolvimento do sistema radicular, a qualidade dos vegetais e dos grãos e formação das sementes.

No caso para o N não aconteceu como esperava a metodologia do trabalho, para favorecimento no desenvolvimento de altura dessa cultivar, pois, de acordo com absorção do N não refletiu na altura da planta, já que este nutriente é o que mais afeta esse parâmetro (Arf et al. 2002). Provavelmente perdas por volatilização e por lixiviação.

A volatilização caracteriza-se numa forma de perda gasosa de N como  $\text{NH}_3$ , condicionada por diversos fatores como: temperatura do solo, vento, umidade do solo, umidade relativa do ar, resíduos vegetais, teor de matéria orgânica do solo, textura do solo e presença da enzima uréase (Cantarella et al., 2004).

Outra forma de perda do nitrogênio é por lixiviação do nitrogênio, sendo que a mesma ocorre em ordem crescente N-orgânico >  $\text{NH}_4^+$  >  $\text{NO}_3^-$ . Como a maioria dos solos apresentam cargas negativas, os ânions indiferentes com relação à carga negativa do solo, como  $\text{NO}_3^-$  não são retidos e, portanto, tornam-se passíveis de arrastamento pelas águas de percolação (Raij, 1991).

##### **4.7.1. Altura dos 20 DAE**

Como foi citado acima somente o fósforo teve o nível de significância para a altura para esse experimento, (Tabela 12). Foi feito a medida aos 20 dias após a

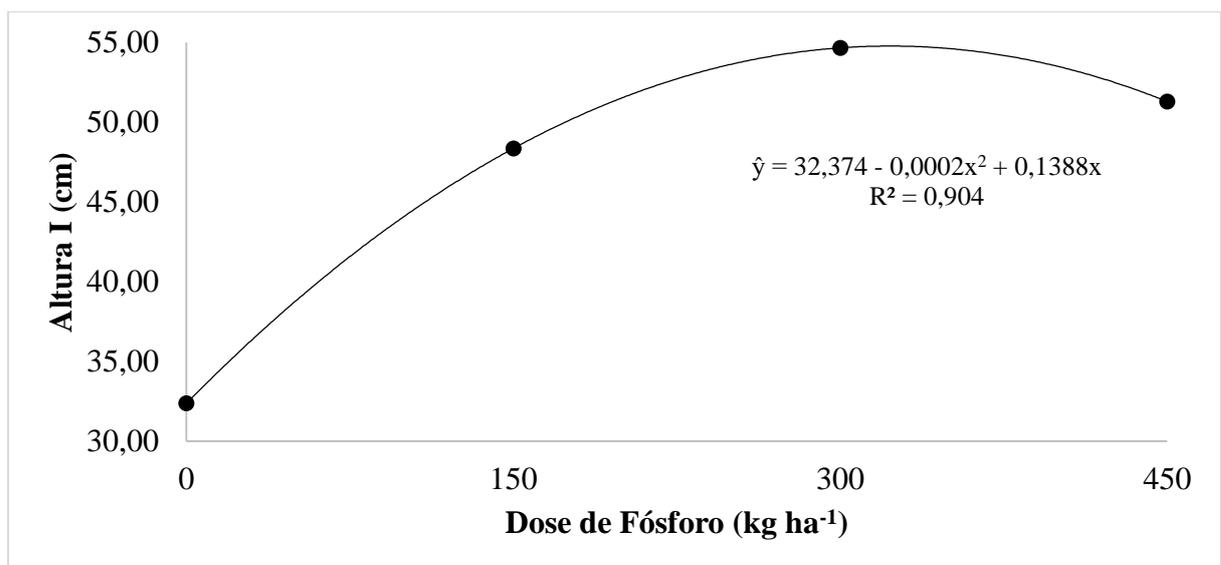
emergência, obteve resultado quando não teve nenhuma aplicação de P com valor de 32,37 cm de altura, quando aplicado na 300 kg ha<sup>-1</sup> obteve o seu pico máximo de altura com valor de 54,67 cm de altura, quando chega aos 450 kg ha<sup>-1</sup> teve um decréscimo em relação a de 300 kg ha<sup>-1</sup> de P, tendo resultado de 51,3cm de altura, (Figura 13).

**Tabela 12:** Análise de variância altura dos 20 DAE.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	30,095000	1,507	0,2245
Fósforo	1.727,072083	86,510	0,0000
N * P	11,497639	0,576	0,8100

CV: 9,57%

Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr).



**Figura 13.** Variação da altura aos 20 DAE de acordo que aumenta a dose de Fósforo.

#### 4.7.2. Altura dos 40 DAE.

Aos 40 dias depois da emergência do arroz, foi feito mais uma medida de altura, (Figura 14) pode ser observado que onde não foi aplicada a dose teve um crescimento para 43,34 cm de altura da planta; na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de P o seu resultado chegou ao pico de altura, tendo resultado de 98,56cm; e na dose 450 kg ha<sup>-1</sup> obteve uma

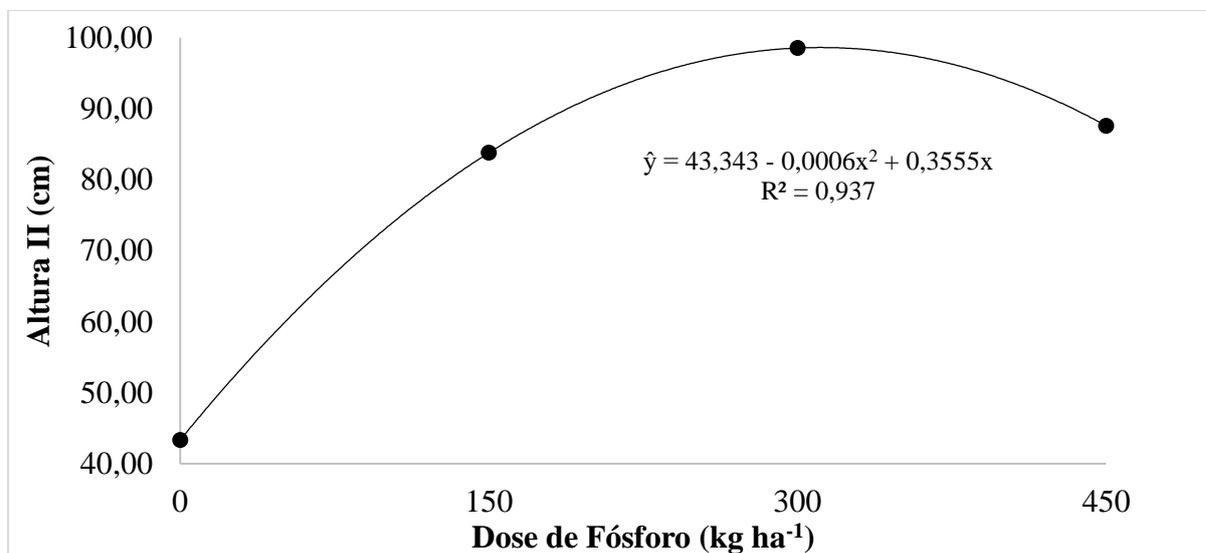
queda em relação a de 300 kg ha<sup>-1</sup> N e superior próximo de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P, tendo resultado de 87,61cm de altura, com a diferença de 3,8cm para 150 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 13:** Análise de variância altura dos 40 DAE.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	35,618073	0,365	0,7788
Fósforo	9.959,041823	101,934	0,0000
N * P	48,959878	0,501	0,8663

CV: 12,62%

Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr).



**Figura 14.** Variação da altura aos 40 DAE de acordo que aumenta a dose de Fósforo.

#### 4.7.3. Altura dos 60 DAE.

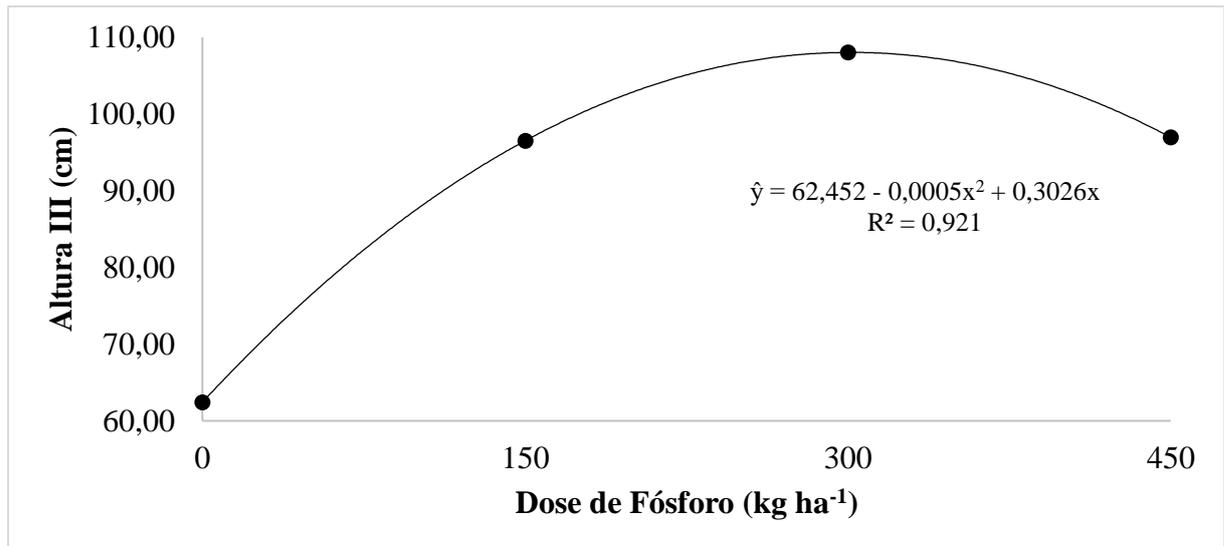
A terceira medida de altura foi aos 60 DAE do cultivar de arroz, foi observado que, no tratamento que não recebeu aplicado a dose de fósforo obteve 62,45cm de altura; na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de P obteve altura máxima nestas análises chegando aos 108,05cm de altura no seu pico máximo aos dois meses; na dose 450 kg ha<sup>-1</sup> obteve resultado inferior a de 300 kg ha<sup>-1</sup> e bem próximo e superior de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P, tendo 96,97cm de altura, (Figura 15).

**Tabela 14:** Análise de variância altura dos 60 DAE.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	127,918542	1,343	0,2716
Fósforo	6.788,676875	71,263	0,0000
N * P	60,487569	0,635	0,7615

CV: 10,73%

Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr).

**Figura 15.** Variação da altura aos 60 DAE de acordo que aumenta a dose de Fósforo.**4.7.4. Altura dos 80 DAE.**

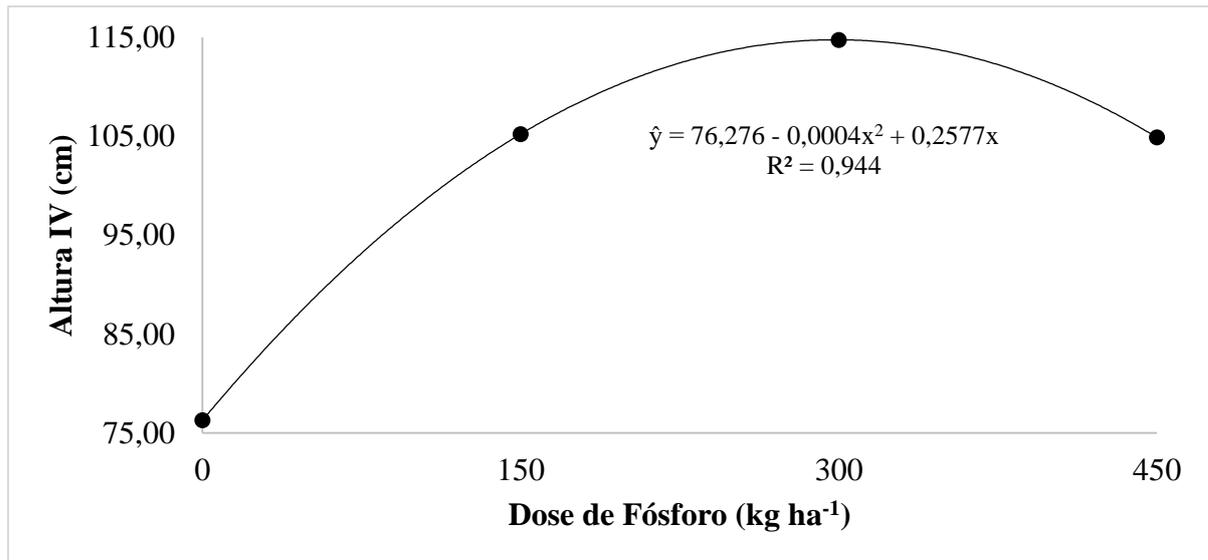
Na quarta vez que foi feita a medida de altura foi aos 80 DAE do cultivar de arroz, foi observado que, no tratamento que não recebeu aplicado a dose de fósforo obteve 76,27cm de altura; na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de P obteve altura máxima nesta análises chegando aos 114,76cm de altura no seu pico máximo; na dose 450 kg ha<sup>-1</sup> tendo a sua análise resultante inferior a de 300 kg ha<sup>-1</sup>, próximo e superior de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P, tendo 105,23cm de altura, com a diferença de 0,34cm a de 150 kg ha<sup>-1</sup>, (Figura 16).

**Tabela 15:** Análise de variância altura dos 80 DAE.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	55,504323	0,706	0,5528
Fósforo	4.700,789323	59,835	0,0000
N * P	116,313767	1,481	0,1824

CV: 8,84%

Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr).

**Figura 16.** Variação da altura aos 80 DAE de acordo que aumenta a dose de Fósforo.

#### 4.8. Variável analisada: Quantidade de Panícula.

Nessa variável pode ser percebido na análise de variância que somente N e P separadamente foram significativos, ou seja, não teve interação entre esses nutrientes para o arroz, (Tabela 16).

**Tabela 16:** Análise de variância quantidade de panículas.

Fator Variável	QM	Fc	Pr>Fc
Nitrogênio	8,868490	12,590	0,0000
Fósforo	86,212240	122,386	0,0000
N * P	1,312934	1,864	0,0808

CV: 19,15%

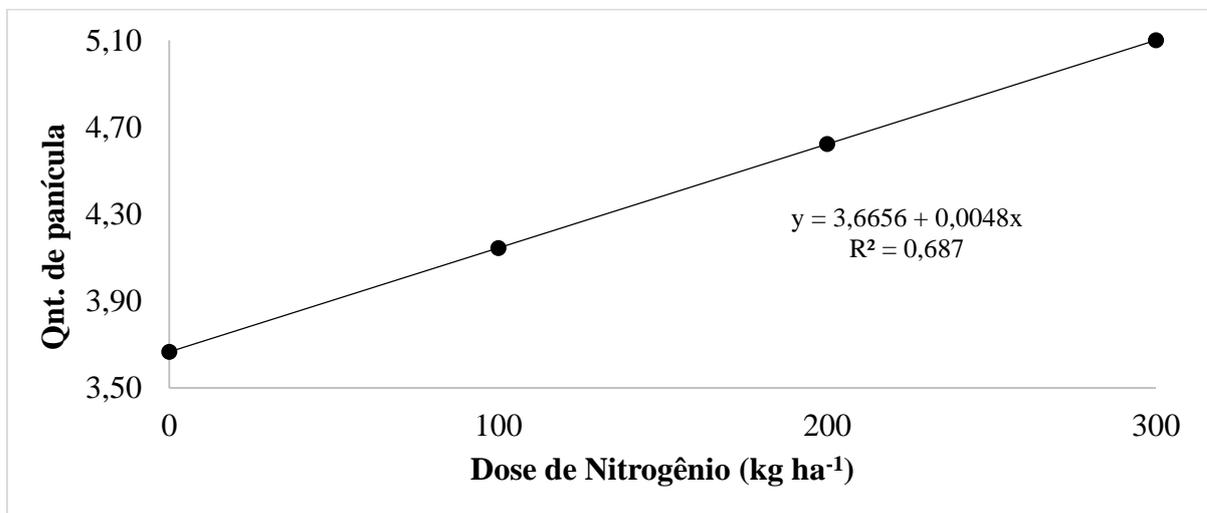
Quadrados Médios (QM); F calculado(Fc); probabilidade (Pr).

No nutriente N (Figura 17) foi percebido na análise que foi significativo para essa variável de quantidade de panícula com sem a interação do P, sendo linear a sua análise. Onde que não foi aplicada a dose de N obteve o resultado de 3,66 de

panícula e na dose máxima que é 300 kg ha<sup>-1</sup> foi mais regressivo com resultado de 5,1 de panículas. Resultados semelhantes foram obtidos por Heinemann & Stone (2009).

Condições externas adversas, durante a diferenciação e o desenvolvimento inicial da panícula, podem provocar degenerações no primórdio floral ou na panícula jovem (Pinheiro et al. 1985). Assim, se ocorrer deficiência hídrica durante o período de transformação da gema vegetativa em reprodutiva, momento da passagem da fase vegetativa à fase reprodutiva, o número de panículas por área será afetado (CRUSCIOL et al. 2006).

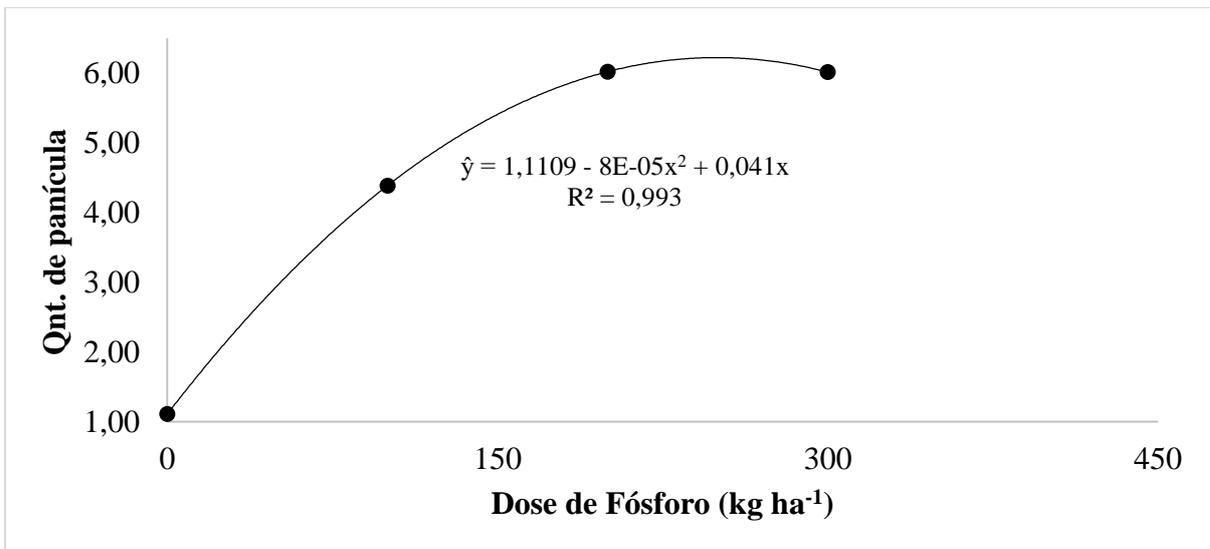
A adubação nitrogenada induz a um maior perfilhamento e à formação de novas folhas, entretanto, caso não ocorra o adequado suprimento hídrico, pode haver quedas significativas de produtividade (Santos et al. 2006, Fageria et al. 2011).



**Figura 17.** Variação na produção de panícula de acordo com aumento da dose de Nitrogênio.

No fósforo teve um formato de uma parábola, com sem a interação do N. Nas suas análises foi percebido que onde não foi aplicado nenhuma dose de P o resultado da análise foi 1,11 de panículas e nas dose 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de P obteve os seus

resultados próximos ao pico de quantidades de panículas produzidas, tendo 6,02 panículas para 300 e 6,01 de panículas para 450 kg ha<sup>-1</sup> de P. Segundo Fageria (1999) o P aumenta o número de perfilhos dos cereais em geral e, com isso, o número de panículas e, conseqüentemente, desempenha importante papel na produção de grãos, (Figura 18).



**Figura 18.** Variação na produção de panícula conforme o aumento da dose de Fósforo.

Na (Tabela 17), mostra resumidamente as probabilidades a 5% de significância em relação do fator calculado. Conforme as variáveis analisadas neste trabalho desenvolvido, tanto para os dois nutrientes separadamente a quanto os dois interagindo, assim podendo ser analisado o comportamento do metabolismo dessa cultivar no sentido que aumentava os níveis de doses nas aplicações.

## 5. CONCLUSÃO

Somente as variáveis Peso de panícula e de massa seca aérea tiveram a interação nas doses crescente entre o fósforo e nitrogênio.

O nitrogênio para o desenvolvimento de altura para essa cultivar não foi significativo. Possivelmente, teve perdas de N por meio de lixiviação ou mesmo por volatilização.

Com o aumento da dose de fósforo houve o aumento da altura de planta, e assim o peso de massa seca foi maior também.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADU-KWARTENG, E.; ELLIS, W.O.; ODURO, I.; MANFUL, J.T. **Rice grain quality: a comparison of local varieties with new varieties under study in Ghana**. Food Control, v.14, p.507-514, 2003.

ALVES, J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and soil**, Netherlands v. 252, p. 1-9, 2003.

ANDRADE, A.X. A produção do arroz e a influência dos fatores climáticos. Lav. Arroz, Porto Alegre, 44:(397)3-4, 1991.

ANDRADE, W. E. B.; AMORIM NETO, S. Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de duas cultivares de arroz irrigado na região Norte Fluminense. **Cienc. e Agrotec.**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 293-300. 1996.

ARAÚJO, A. S. **Caracterização e uso de bactérias diazotróficas isoladas de diferentes cultivares de arroz originárias do estado do Maranhão**. Seropedica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008. 88p. Tese (Doutorado em Fitotecnia, Agroecologia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia. Tese de doutorado.

ARAÚJO, A.P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H., SCHAEFER, C.E.G.R. (Ed.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, v.1, 2000. p.163-212.

ARAUJO, E. S. **Diversidade Genética e Acúmulo de Proteína de Reserva em Arroz da Baixada Maranhense - MA**. Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002. 79p. Dissertação de Mestrado.

ARF, O.; RODRIGUES R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOI, C. A. C.; PEREIRA, J. C. R. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, 2002.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Soil management and nitrogen fertilization for sprinkler-irrigated upland rice cultivars. **Scientia Agrícola**, v. 60, n. 2, p. 345-352, 2003.

ÁVILA, F. W.; BALIZA, D. P.; FAQUIN, V.; ARAUJO, J. L.; RAMOS, S. J. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 184-190, 2010.

AZAMBUJA, I.H.V., VERNETTI Jr., F.J., MAGALHÃES Jr., A. M. Arroz irrigado no sul do Brasil. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. Embrapa Informação **Tecnológica**, p.23-44, 2004.

AZEVEDO, A.C.; KÄMPF, N.; BOHNEN, H. Alterações na dinâmica evolutiva de Latossolo Bruno pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v.20, n.2, p.191-198, 1996.

BALDANI, V.L.D.; 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, p.485-491, 2000.

BARROW, N. J. Reaction of anions and cations with variable-charge soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 38, p. 183-230, 1985.

BASAK, M.N. **Nutrient uptake by rice plant and its effect on yield**. *Agronomy Jour.* 54(5): 373-376, 1962

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. Azospirillum-plant relationships: agricultural, physiological, molecular and environmental advances (1997–2003).

**Canadian Journal Microbiology**, v.50, p.521–5, 2004.

BLAMEY, F. P. C., ROBINSON, N. J., ASHER, C. J. Interspecific differences in aluminium tolerance in relation to root cation-exchange capacity. **Plant and Soil**, Austrália, v.146, p.77 82, 1992.

BRANDÃO, S.S. Cultura do arroz. Viçosa, UFV, 1974. 194p.

BRASIL, M. **Ocorrência e Diversidade Genética de Bactérias Diazotróficas Endofíticas em Variedades de Arroz RJ**. 2005. 105 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

BRONDANI, C., PAIVA, E. Análise de RFLP da tolerância à toxidez do alumínio no cromossomo 2 do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.8, p.575 579, 1996.

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

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

CAMARGO, C. E. O., FERREIRA FILHO, A. W. P., FREITAS, J. G. Avaliação de genótipos de centeio, triticale e trigo comum e trigo duro quanto à tolerância ao

alumínio em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.2, p.227-232, 1998.

CAMPELO JÚNIOR, J.H. **Avaliação da capacidade de extração da água do solo pelo arroz de sequeiro (Oryza sativa L.) sob diferentes doses de nitrogênio**. 1985. 127p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CAMPOS, M.C.C. **Pedogeomorfologia aplicada á ambientes amazônicos no médio Rio Madeira**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Ciências do solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

CANTARELLA, H.; GALLO, P.B.; BOLONHEZI, D.; QUAGGIO, J.A. Inibidor de urease para a produção de milho em plantio direto. In: FERTBIO 2004, **Reunião Bras. de Fert. do Solo e Nutrição de Plantas**, 26, 2004, Lages, SC. Anais. Lages: SBCS/SBM, 2004. CD-ROM.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2012/13 – Nono Levantamento**. Brasília, Junho/2013.

Companhia Nacional De Abastecimento (Conab). **Produção de grãos: safra 2010/11: 4º levantamento**. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 05 dez. 2011.

COSTA, A. M.; ESTEVES, J. A. F.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade do arroz de sequeiro em função da adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., Florianópolis, 2002. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 591-593.

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

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

DARDANELLI, M.S.; CARLETTI, S.M.; PAULUCCI, N.S.; MEDEOT, D.B.; CÁCERES, E.A.R.; VITA, F.A.; BUENO, M.; FUMERO, M.V.; GARCIA, M.B. Benefits of plant growth-promoting rhizobacteria and rhizobia in agriculture. In: MAHESHWARI, D.K. (Ed.). **Plant Growth and Health Promoting Bacteria.** Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.1-20, 2010.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGHS, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-MELLADO, J.; ANGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal Plant Physiology**, v.28, p.871–879, 2001.

DUARTE, F. M. **Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e eficiência da adubação nitrogenada na cultura do arroz irrigado.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2006.

EMBRAPA. Autores Técnicos: Carlos Martins Santiago, Heloisa Célis de Paiva Breseghello e Carlos Magri Ferreira Editores, **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília - DF, 2013. Disponível em: <<http://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000023-ebook-pdf.pdf>> Acesso em: 12 de maio de 2015.

EMBRAPA. Autores, José Alexandre Freitas Barrigossi; Anna Cristina Lanna; Evane Ferreira. **Agrotóxicos no Cultivo do Arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo**. Santo Antônio de Goiás, GO Dezembro, 2004. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1344498/2767889/agrotoxicos-no-cultivo-do-arroz-no-brasil-analise-do-consumo-e-medidas-para-reduzir-o-impacto-ambiental-negativo.pdf/1d6c613a-41de-4795-880b-92c00118c1ba>> Acesso em: 12 de maio de 2015.

EMBRAPA. **Manejo da Adubação Mineral e da Calagem para a Cultura do Arroz Irrigado**. Embrapa Clima Temperado, Sistemas de Produção, 3 ISSN 18069207, V.E.; Nov./2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasi/cap04.htm>> Acesso em: 04 de novembro de 2015.

FAGERIA, N. K. Adubação e calagem. In: VIERIA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. P. (Ed). **A cultura do arroz no Brasil**, Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1999. p.329-353.

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

FAGERIA, N. K. **Nutrient use efficiency in crop production**. Maximizing Crop Yields, National Rice and Bean Research Center, EMBRAPA, Goiânia-Goiás, Brazil, 1992.

FAGERIA, N. K. **Yield physiology of rice**. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 30, n. 1, p. 843-879, 2007.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2nd. ed. New York: M. Dekker, 1997. 624p.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A.; COELHO, A. M. Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 34, n. 1, p. 361-370, 2011.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos. Manejo do potássio. In: FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 121-142.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. *Advances in Agronomy*, New York, v. 110, n. 1, p. 251-331, 2011.

FAGERIA, N.K. Adubação e calagem. In: VIERIA, N.R.A.; SANTOS, A.B.; SANT'ANA, E.P. (Ed). **A cultura do arroz no Brasil**, Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1999. p.329-353.

FAGERIA, N.K. **Nutrição mineral**. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 173-196.

FAGERIA, N.K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton, CRC Press, 2009. 430p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. e JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 2011. 560p.

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; ZIMMERMANN, F.J.P. Resposta do arroz irrigado à adubação residual e aos níveis de adubação em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.177-182, 2000.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo do nitrogênio. In: FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.51-94.

FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Resposta de arroz irrigado a adubação em solos de várzea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.463-466, jun. 1996.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agricultural commodities production. FAO, 2011. Disponível em <http://www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso 08 abr. 2013.

FARINELLI, R.; PENARIOLD, 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, n. 3, p. 447-454, 2004.

FERRAZ JUNIOR, A. S. L. **Estudo do teor de proteína e eficiência de uso de N em cultivares de arroz (Oryza sativa L.)**. Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1993. 186p. Dissertação de Mestrado.

FIDELIS, R. R.; RODRIGUES, A. M.; SILVA, G. F.; BARROS, H. B.; PINTO, L. C. AGUIAR, R. W. S. Eficiência do uso de nitrogênio em genótipos de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 124-128, 2012.

Figueiredo, S.N.; Nobre, C.A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, 5(6): 36 - 45, 1990;

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: Funep, 1993. 221p.

FREITAS, J. G.; CANTARELLA. H.; SALOMON, M. V.; MALAVOLTA, V. M. A.; CASTRO, L. H. S. M.; GALLO, P. B.; AZZINI, L.E. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

GILLIS, M.; TRAN VAN, V.; BARDIN, R.; GOOR, M.; HEBBAR, P.; WILLEMS, A.; SEGERS,P.; KERSTERS, K.; HEULIN, T.; FERNANDEZ, M.P. Poly phasic taxonomy in the genus Burkholderia leading to a amended description of the genus and proposition o Burkholderia vietmaniensis sp. nov. for N<sub>2</sub>-fixing isolates from rice in Vietnam. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.45, p.274–289, 1995.

GOMES, C. F.; MARCHETTI, M. E.; NOVELINO, J. O.; MAUAD, M.; ALOVISI, A. M. T. **Disponibilidade de silício para a cultura do arroz, em função de fontes, tempo de incubação e classes de solo**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 531-538, 2011.

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

GUIMARÃES, C.M.; DOS SANTOS, A.B.; JÚNIOR, A.M.M.; STONE, L.F. Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.R. (Eds.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAF, p.53-96, 1998.

GUTIERREZ, R. S.; INOCÊNCIO, M. F.; NOVELINO, J. O. **Extração de silício em solos fertilizados com fosfato e silicato**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 1-7, 2011.

HARPER, J.L.; JONES, M.; SACKVILLE-HAMILTON, N.R. The evolution of roots and the problems of analysing their behaviour. In: ATKINSON, D. (Ed.). **Plant root growth: na ecological perspective**. Oxford: Blackwell, 1991. p.3-22.

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

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

JUSTINO, G. C., CAMBRAIA, J., OLIVA, M. A., OLIVEIRA, J. A. Absorção e redução de nitrato em duas cultivares de arroz na presença de alumínio, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.8, p.1285-1290, 2006.

LADHA, J.; REDDY, P. Nitrogen fixation in rice systems: state of knowledge and future prospects. **Plant and Soil**, v.252, p.151–167, 2003.

LEON, L.A. Acidez, encalamento y fertilizacion con calcio, magnesio y potasio para el cultivo dei arroz. In: TASCÓN, E.; GARCIA, E., eds. Arroz: investigacion y produccion. Cali: CIAT/ PNUD, 1985. p.367-383.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do arroz de sequeiro**. 3a. ed. São Paulo, Ultrafertil, 1981.

MARIOT, C. H. P; SILVA, P. R. F; MENEZES, V.G; TEICHMANN, L.L. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado a densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, n:38 p:233-241. 2003.

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

MEIRA, F. de A.; BUZETTI, S.; FREITAS, J.G.de; ARF, O.; SÁ, M.E. de. Resposta de dois cultivares de arroz à adubação nitrogenada e tratamento foliar com fungicidas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, no. 1, p. 91-95, Jan./March, 2005.

MENEZES. B. R. S.; MOREIRA, L. B.; LOPES, H. M.; PEREIRA, M. B. **Caracterização morfo agronômica em arroz vermelho e arroz de sequeiro**. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 490-499, 2011.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 3 ed. Bern: International Potash Institute, 1982. p.295-318.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. de. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei Pouco Húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.1, p.209-215, 2000.

NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R. R.; OLIVEIRA, P.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL C. A. C. **Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 60-65, 2011.

NEMATO, K.; SHIGENORI, M.; Morphology and anatomy of rice roots with special reference to coordination in organo-and histogenesis. In: BALUSKA, F.; CIAMPOROVÁ, M.; GASPARIKOVÁ, O.; BARLOW, P.W. (Ed.) **Structure and function of roots**, Dordrecht, 1994. p. 75-86.

PAVAN, M. A., OLIVEIRA, E. L. **Manejo da acidez do solo**. Londrina: IAPAR, 1997, p.86. (IAPAR. Circular, n.95)

PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B. Sorção de fósforo em alguns solos do semi-árido do Nordeste Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p. 1179-1184, 1998.

PINHEIRO, B. S.; STEINMETZ, S.; STONE, L. F.; GUIMARÃES, E. P. **Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 85-87, 1985.

PRABHU, A. S.; SANTOS, A. B.; DIDONET, A.D. **Soluble tissue sugar content and leaf blast severity in response to the application of calcinated serpentinite as a silicon source in irrigated rice**. Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 33, n. 4, p. 402-404, 2007.

PRABHU, A. S.; RAÚJO, L. G.; FAUSTINA, C.; BERNI, R. F. Estimativa de danos causados pela brusone na produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1045-1051, 2003.

Prof. Paulo Cesar Sentelhas & Prof. Luiz Roberto Angelocci. **Meteorologia Agrícola**. LCE 306 -- ESALQ/USP -- 2009. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula3.pdf>> Acesso em: 12 de maio de 2015.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2000. 111p.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potapós, 1991, 343p.

RODRIGUES, L. S. **Estudo da diversidade de bactérias diazotróficas endofíticas associadas a cultivares de arroz inundado**. Seropédica: UFRRJ, 2003. 85p. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciências do solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

ROSOLEM, C.A. **Relações solo-planta na cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1995, 53p.

ROSOLEM, C.A.; ASSIS, J.S.; SANTIAGO, A.D. Root growth and mineral nutrition of corn hybrids as affected by phosphorus and lime. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25 p. 2491-2499, 1994.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 280-406, 1981.

SANT'ANA, E. P.; SANT'ANA, E. V. P.; FAGERIA, N. K.; FREIRE, A. B. Utilização de fósforo e características do sistema radicular e da parte aérea da planta de arroz. *Ciência Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, n. 2, p. 370-381, 2003.

SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

SANTOS, A. B.; PRABHU, A. S.; AQUINO, A. R. L.; CARVALHO, J. R. P. Épocas, modos de aplicação e níveis de nitrogênio sobre brusone e produção de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n.7, p.697-707, 1986.

SILVA, J. B. C., NOVAIS, R. F., SEDIYAMA, C. S. Comportamento de genótipos de soja em solos com alta saturação de alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.3, p.287-289, 1984.

SILVA, L. M. **Crescimento radicular e nutrição mineral de cultivares de feijão em resposta a calagem**. Botucatu, 2002, 70p, Dissertação (Mestrado em Agricultura), Faculdade de Ciência Agronômica, Universidade Estadual Paulista, 'Júlio de Mesquita Filho'.

SIMS, J.C.; PLACE. **Growth and nutriente uptake of rice and different growth stages and nitrogen levels**. *Agronomy Jour.* 60: 392-396, 1968.

SOARES, P.C.; SOARES, A.A.; MORAIS, O.P. de; CASTRO, E. da M.; RANGEL, P.H.N.; CORNÉLIO, V.M. de O.; SOUZA, M.A. de. Cultivares de arroz de terras altas e de várzeas recomendadas para Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, v.25, p.25-34, 2004.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Informações Agrônomicas, Planaltina, v. 102, p. 1-16, 2003. Encarte Técnico.

SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M. & FERNANDES, M. S. **Nitrogen Remobilization During the Reproductive Period in Two Brazilian Rice Varieties**. Journal of Plant Nutrition, New York, US, v.21, n.10, p.2049- 2063, 1998.

SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M.; MAGALHÃES, J. R. & FERNANDES, M. S. **Supplemental Nitrogen Applied during the Senescence on Two Rice Varieties: Evaluation on Nitrate Reductase and Glutamine Synthetase Activities and Crude Protein**. Physiol.Mol.Biol.Plants, v.8, n.1, p.87-95, 2002.

STEFANUTTI, R. **Efeito da granulometria do termofosfato magnesiano no aproveitamento do fósforo**. 1991. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

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**, v. 34, n. 6, p. 927-932, 1999.

TAHER, A.; BASRI, I. H.; JUGSUJINDA, A. Effect of phosphorous and nitrogen sources on field of rice in west Sumatra, Indonésia. In: Efficiency of Nitrogen Fertilizers for Rice. Manila, Philippines – International Rice Research Institute, 1987. 163p.

TEO, Y.H.; BEYROUTY, C.A.; NORMAN, R.J.; GBUR, E.E. Nutrition uptake relationship to root characteristics of rice. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 171, p.297-302, 1995.

TRÂN VAN, V.; BERGE, O.; NGO KE, S.; BALANDREAU, J. HEULIN, T. Repeated beneficial effect of rice inoculation with a strain of *Burkholderia vietnamiensis* on early and late yield components in low fertility sulphate acid soils of Vietnam. **Plant and Soil**, v.218, p.273–284, 2000.

UHART, A.S; ANDRADE, F. H. Nitrogen deficiency in maize: I - Effects on crop, growth, development, dry matter partitioning and kernel sets. **Crop Science**, v. 35, n. 5, p. 1376-1383, 1995.

WALTER M. MARCHEZAN E & AVILA LA (2008) Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, 38: 1184-1192.

WINCH, T. **Growing food a guide to food production**. Netherlands, Springer, p, 128-135, 2006.

WISSUWA, M. Combining a modeling with a genetic approach in establishing associations between genetic and physiological effects in relation to phosphorus uptake. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 269, n. 1-2, p. 57- 68, 2005.

ZEIGLER, R. S., PANDEY, S., MILES, J., GOURLEY, L. M., SARKARUNG, S. Advances in the selection and breeding of acid-tolerant plants: rice, maize sorghum and tropical forages. In: DATE, R. A., GRUNDON, N. J., RAYMENT, G. E., PROBERT, M. E. (Eds). **Plant-soil interactions at low pH: principles and management**. Kluwer academic, 1995, p.391-406.

ZOBEL, R. W. Sensitivity analysis of computer based diameter measurement from digital images. *Crop Science*, Madison, v. 43, n. 2, p. 583-591, 2003.