

POLICARPO AGUIAR DA SILVA

**SUBSTITUIÇÃO DA NUTRIÇÃO AMONÍACAL PELA NÍTRICA PARA PLANTAS
DE ARROZ E FEIJÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título *Magister Scientiae*.

Orientador: Reinaldo Bertola Cantarutti

Coorientador: Samuel V. Valadares

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586s
2021
Silva, Policarpo Aguiar, 1971-
Substituição da nutrição nitrogenada amoniacal pela nítrica
para plantas de feijão e arroz / Policarpo Aguiar Silva. – Viçosa,
MG, 2021.

1 dissertação eletrônica (30 f.): il.

Orientador: Reinaldo Bertola Cantarutti.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Solos, 2021.

Referências bibliográficas: f. 28-30.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.547>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Fertilizantes nitrogenados. 2. Plantas - Nutrição.
3. Plantas - Efeito do nitrogênio. 4. Nitratos. I. Cantarutti,
Reinaldo Bertola, 1954-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em Solos e
Nutrição de Plantas. III. Título.

CDD 22. ed. 631.84

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552

POLICARPO AGUIAR DA SILVA

**SUBSTITUIÇÃO DA NUTRIÇÃO AMONÍACAL PELA NÍTRICA PARA PLANTAS
DE ARROZ E FEIJÃO**

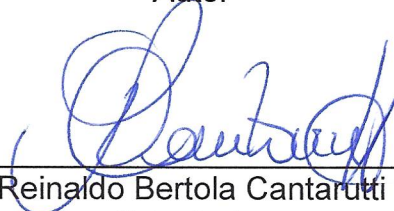
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de novembro de 2021

Assentimento:



Policarpo Aguiar da Silva
Autor



Reinaldo Bertola Cantarutti
Orientador

*Dedico esta dissertação a José da
Silva Araújo, Percilia José da Silva
Araújo, Wagner Paulo da Silva,
Aguida Rosária da Silva, Gervásio
Paulo da Silva, Jeferson Cinesio da
Silva, Marcia Onizia da Silva, Dagma
Dionizia da Silva, Nilma Cristina da
Silva, Ana Lucia da Silva e José
Ricardo da Silva.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente a Deus, por me proporcionar oportunidade e dar-me a força necessária, para persistir e superar os obstáculos que surgem em cada caminhada.

Aos meus pais, Percilia José da Silva Araújo e José da Silva Araújo por me educarem e mostrar o caminho certo a seguir.

Aos meus irmãos, pelo companheirismo e incentivo na busca do conhecimento.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar essa pós-graduação.

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

Ao Orientador professor Reinaldo Bertola Cantarutti, pela paciência e comprometimento dedicado e todo conhecimento compartilhado.

Ao coorientador professor Samuel Vasconcelos Valadares, por estar sempre pronto a ajudar.

Aos professores que compuseram a Banca examinadora, professora Herminia Emilia Prieto Martinez, professor Rafael Bragança Alves Fernandes, professor Samuel Vasconcelos Valadares e professor Hidelblandi Farias de Melo.

Aos professores, pelas aulas que contribuíram nesta fase de crescimento.

Aos amigos e professores, Demétrius David da Silva, Fernando Falco Pruski e Fernando França Cunha pela presteza em ajudar.

Aos professores, Maicon Nardino e José Eustáquio S. Carneiro, pela prontidão em ajudar.

Aos funcionários, Francisco Charles dos Santos Silva, Vicente Firmino, Luiz Balbino Simão e Júlio Nunes pela generosa ajuda quando solicitados,

A todos os funcionários da UFV, que contribuíram de alguma forma para que as coisas dessem continuidade, nesse momento difícil que passamos.

Aos secretários da pós-graduação do DPS-UFV, Ana Carolina e Nayan, pela prontidão em atender sempre que solicitados.

Aos alunos que fizeram parte dessa caminhada, pela paciência e confiança na execução de trabalhos.

Ao DPS, pela oportunidade de estudo e realização dessa pós-graduação.

Aos amigos, Iterlandes Machado e Geralda, pelas palavras que incentivavam e davam força para continuar.

Enfim, a todos os amigos que ficaram na torcida para que tudo desse certo.

RESUMO

SILVA, Policarpo Aguiar da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2021. **Substituição da fertilização amoniacal pela nítrica para plantas de arroz e feijão.** Orientador: Reinaldo Bertola Cantarutti. Coorientador: Samuel Vasconcelos Valadares.

O nitrogênio é o nutriente demandado em maior quantidade pela maioria das culturas cultivadas, sendo absorvido principalmente nas formas amoniacal e nítrica. A ureia (Ure) é o principal fertilizante nitrogenado comercializada no Brasil, porém o seu manejo inadequado pode proporcionar perdas expressivas de Nitrogênio(N). Além disso, alto consumo de energia na sua produção tem deixado sua aquisição cada vez mais difícil. Devido a suspensão das atividades da Petrobras em suas unidades de produção de Ureia, somado ao crescente uso de outros fertilizantes nitrogenados, buscou-se avaliar fertilizantes amoniacais e nítricos para as culturas de arroz e feijão, a fim de avaliar se é recomendável ou não a substituição da Ureia por fontes nítricas. No experimento foram avaliados a Ure, o sulfato de amônio (SAm), o nitrato de amônio (NAm) e o nitrato de cálcio (NCa). Também foram cultivados vasos com plantas de ambas as culturas sem aplicação de nitrogênio. Foram utilizados três solos: um arenoso (Ar), um argiloso com baixo teor de matéria orgânica (AGb) e outro argiloso com maior teor de matéria orgânica (AGa). As plantas foram cultivadas por 45 dias. Para o arroz avaliaram-se a produção de matéria seca (pMS), o conteúdo de nitrogênio na parte aérea (cN), a taxa de recuperação aparente de N (trN) e o remanescente de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ no solo. Todos os fertilizantes se mostraram eficientes para propiciar aumento da pMS, da mesma forma que proporcionaram ganhos no cN e ainda, nenhuma deles promoveu ganho significativo de N remanescente nos solos. Para o feijoeiro avaliou-se a produção de matéria seca na parte aérea (pMSpv) e das vagens (pMSva), a percentagem de matéria seca na vagem (pcMSva), o conteúdo de N na parte aérea (cNpv), o conteúdo de N nas vagens (cNva), o conteúdo de N total (cNT), a percentagem do conteúdo de N nas vagens (pcNva), o número de vagens (nV), a taxa de recuperação aparente de N (trN) e o remanescente de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ no solo. Somente nos solos Ar e AGb observaram-se ganhos na pMSpv com a adubação dos solos, o mesmo observa-se para cN nas plantas. O número de vagens mostrou-se independente da condição de fertilidade do solo, e o remanescente de N no solo não se alterou para nenhuma das fontes

utilizadas. Concluiu-se assim, que a substituição da ureia por fontes nítricas mostrou-se viável, sem prejuízos de produtividade.

Palavra-chave: Nitrogênio. Nitrato. Amônio. Nítrico.

ABSTRACT

SILVA, Policarpo Aguiar da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November 2021. **Substitution of ammonia to nitric fertilization for rice and bean plants.** Advisor: Reinaldo Bertola Cantarutti. Co-Advisor: Samuel Vasconcelos Valadares.

Nitrogen is the nutrient demanded in greater quantity by most cultivated crops, being absorbed mainly in ammoniacal and nitric forms. Urea (Ure) is the main nitrogen fertilizer marketed in Brazil, but its inadequate management can lead to significant losses of N. In addition, high energy consumption in its production has made its acquisition more and more difficult. Due to the suspension of Petrobras' activities in its Ure production units, added to the growing use of other nitrogen fertilizers, an attempt was made to evaluate ammonia and nitric fertilizers for rice and bean crops, in order to assess whether it is recommended or not. replacement of Ure by nitric sources. In the experiment, ure, ammonium sulfate (SAm), ammonium nitrate (NAm) and calcium nitrate (NCa) were evaluated. Pots with plants of both cultures without nitrogen application were also cultivated. Three soils were used: a sandy (Ar), a clayey one with low organic matter content (AGb) and another clayey one with a higher organic matter content (AGa). Plants were grown for 45 days. For rice, dry matter production (pMS), shoot nitrogen content (cN), apparent N recovery rate (trN) and the remainder of N- NH_4^+ and N- NO_3^- in the soil were evaluated. All fertilizers proved to be efficient in increasing pMS , in the same way that they provided gains in cN , and none of them promoted a significant gain in remaining N in the soils. For common bean, it evaluated the production of dry matter in shoot ($pMSpv$) and in pods ($pMSva$), percentage of dry matter in pod ($pcMSva$), N content in shoot ($cNpv$), N content in pods ($cNva$), the total N content (cNT), the percentage of the N content in the pods ($pcNva$), the number of pods (nV), the apparent N recovery rate (trN) and the remainder of N- NH_4^+ and N- NO_3^- . Only in Ar and AGb soils were observed gains in $pMSpv$ with soil fertilization, the same is observed for cN in plants. The number of pods was independent of the soil fertility condition, and the N remaining in the soil was not significant for any of the sources used. Thus, it was concluded that the replacement of urea by nitric sources proved to be viable, without loss of productivity.

Keywords: Nitrogen. Nitrate. Ammonium. Nitric

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	18
4.1. Arroz	18
4.2. Feijão	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
6. CONCLUSÕES	29
7. BIBLIOGRAFIA	29

INTRODUÇÃO

A ureia é o principal fertilizante nitrogenado utilizado na agricultura, por ser a fonte de nitrogênio de menor custo por unidade de N, contribuindo com cerca de 60% do nitrogênio aplicado nas fertilizações (Rodrigues et al., 2013, Arnuti, 2014, Viero et al., 2014, Mota et al., 2015). Entretanto, seu uso tem gerado dúvidas quanto as suas vantagens, pois, apresenta perdas expressivas, principalmente por volatilização de NH_3 , perdendo em torno de 50% do N aplicado em regiões de clima quente, como no sudeste brasileiro (Viero et al., 2014, Oliosi et al., 2016, Veçozzi et al., 2018). Segundo Lacerda et al. (2018), a aplicação superficial da ureia pode acabar em grandes perdas de N por volatilização, lixiviação e desnitrificação, fazendo com que a recuperação pelas plantas deste nutriente seja baixa.

Atualmente, tem-se buscado otimizar as tecnologias de adubação nitrogenada, visando aumentar a produtividade das culturas e evitar danos ambientais, tendo em vista a eficiência. Uma das formas de minimizar as perdas de nitrogênio, é o uso de fontes com menor potencial de volatilização em relação a ureia (Viero et al., 2014), tais como o sulfato de amônio ou fertilizantes nítricos, como nitrato de amônio ou nitrato de cálcio. No entanto a fertilização nítrica pode aumentar perdas por lixiviação do N-NO_3^- , que além de causar prejuízos consideráveis pode provocar poluição de águas superficiais e subterrâneas (Alcântara, 2010). Porém, em solos tropicais a lixiviação pode ser menos intensa ou até mesmo, não ocorrer, devido aos baixos teores de matéria orgânica e predominância de cargas elétricas de caráter variável, o que pode resultar em carga líquida positiva, favorecendo a adsorção do NO_3^- no solo (Pinheiro et al., 2020, Dynia e Camargo., 1999). Isso é uma vantagem em solo com tais características, como a maioria dos solos brasileiros, justificando o uso da adubação N-NO_3^- como fonte de N, fazendo com que o nutriente fique disponível para as culturas por maior período.

De acordo com Tanan et al. (2019) as plantas apresentam resposta diferente em sua fisiologia e crescimento quando submetidas a diferentes fontes de nitrogênio. A preferência por N-NO_3^- ou N-NH_4^+ depende da espécie e geralmente está ligada a fatores genéticos e ambientais.

O N-NO_3^- absorvido deve passar por um processo de conversão para N-NH_4^+ , e então ser assimilado pela planta. A redutase do nitrato é a enzima que catalisa o processo de conversão do N-NO_3^- a N-NH_4^+ . Devido a isso, tem sido usada como indicador da resposta fisiológica de plantas, quanto ao seu desenvolvimento e crescimento, frente ao uso de diferentes fontes de N.

A atividade de RN pode ocorrer nas raízes, nas folhas ou em ambas as partes das plantas, o que pode fazer a diferença no bom crescimento e desenvolvimento da cultura, com relação a diferentes tipos de adubos nitrogenados. Ainda, a atividade da RN sofre influências das condições ambientais como luminosidade, temperatura do ar e teor de N-NO_3^- , sendo que as interferências ocorrem com maior intensidade nas folhas das plantas, permanecendo mais estável nas raízes ao decorrer do dia. Neste contexto, fica evidente a importância de estudos para determinar o comportamento das plantas cultivadas, frente a aplicação de fontes de N amoniacais e nítricas.

Com este trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos da substituição de fontes amoniacais de N por fontes nítricas, no crescimento e desenvolvimento de plantas de arroz e do feijão.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O N proporciona maiores efeitos nos rendimentos e produtividade, influenciando diversas características do crescimento e desenvolvimento das plantas. Dessa forma, o uso de fertilizantes nitrogenados é uma importante estratégia para obter altas produtividades (Mota et al., 2015). Uma nutrição de N adequada é essencial em cada etapa do desenvolvimento das plantas. Normalmente as plantas absorvem N preferencialmente na forma de amônio, mas a preferência quanto a fonte de N difere de espécie para espécie vegetal, absorvendo-o sobretudo, na forma inorgânica como N-NO_3^- ou N-NH_4^+ (Souza et al., 2018).

Conforme Arnuti, (2014), Rodrigues et al. (2013), Viero et al. (2014), Mota et al. (2015) e Silva et al. (2017) a fonte de N mais utilizada no Brasil é a ureia, por apresentar menor custo por unidade de N e ser de fácil aplicação a campo. Contudo, esta fonte de N apresenta baixo aproveitamento pelas culturas, onde, cerca de 50% dos fertilizantes aplicados são perdidos. A baixa eficiência desses fertilizantes vem sendo atribuído a volatilização de NH_3 , provenientes de fontes amoniacais ou amidicas, como sulfato de amônio e a ureia e a lixiviação de N-NO_3^- fornecido por

fontes nítricas como o nitrato de cálcio, resultando em prejuízos ao produtor e ao meio ambiente.

Conforme Veçozzi et al., (2018) a adubação do solo, faz necessária para aumentar a quantidade de N mineral no solo, que em geral, é insuficiente para suprir as necessidades da cultura de arroz. Porém, a eficiência dos fertilizantes convencionais, na cultura do arroz irrigado, dificilmente passa dos 50% devido as perdas, associadas, principalmente a maior concentração na solução do solo, devido as adubações e as alterações de umidade e secagem do solo levando a processos de nitrificação/desnitrificação.

De acordo com Bayer e Fontoura (2006), citados por Mota et al. (2015) as perdas por lixiviação do $N-NO_3^-$ podem ser minimizadas, se as aplicações de fertilizantes forem feitas em cobertura, num período imediatamente anterior as fases de maior demanda pelas culturas por N. Segundo Mota et al. (2015), solos mais argilosos que possuem maior quantidade de cargas positivas, apresentam maior capacidade de adsorção de $N-NO_3^-$, o que reduz os problemas com a lixiviação. Assim sendo, solos com intemperismo mais avançado como os Latossolos típicos de regiões tropicais, podem apresentar vantagens no uso de fertilizantes nítricos.

De acordo com Souza e Fernandes (2018), o $N-NO_3^-$ absorvido deve ser convertido a $N-NH_4^+$ para ser assimilado, essa conversão é iniciada pela NR, o que a coloca em destaque no que se relaciona ao metabolismo vegetal. A estimativa da NR está sendo utilizada com sucesso como parâmetro indicativo da resposta fisiológica de plantas testadas em condições adversas (Oliveira et al., 2005). A atividade da NR pode acontecer tanto nas raízes quanto nas folhas e até mesmo em outras partes das plantas, como nas bainhas das folhas por exemplo.

A atividade da NR é estimulada ou reduzida por fatores ambientais como temperatura, luz, água e teor de nitrato no solo (Freitas, 2007). Essa variação da atividade da NR se dá mais na parte aérea da planta devido as variações de temperatura do ar.

O fornecimento de N na forma de $N-NO_3^-$ em solução para mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) proporcionou o maior acúmulo de raízes e biomassa total. A fonte de N na forma de $N-NO_3^-$ apresentou melhores resultados comparado ao $N-NH_4^+$ para o crescimento da espécie, devido a atividade positiva da RN (Barreto et al., 2007). Para Cazetta (2004) os níveis de NR na planta são importantes para o estudo do metabolismo de plantas e sua relação com o ambiente. Assim, gerar meios de

analisar a interação planta-ambiente no metabolismo do N é um passo importante para entender essa relação e suas implicações.

Conforme Santos (2014) o nível de atividade da RN nas plantas sofre influência do substrato $N-NO_3^-$, dessa forma o teor de nitrato controla a atividade da RN. Também é controlada pela temperatura do ar, luminosidade, balanço hídrico, propriedades químicas do meio de cultivo, idade fisiológica dos tecidos e ainda inoculação com bactérias fixadoras de N. Mas ainda cabe elucidação de outros mecanismos ainda não determinados.

Segundo Jesus et al., (2012) plantas de eucaliptos responderam melhor a adubação nitrogenada, em solos com baixa disponibilidade de N. Para ele, o maior teor de matéria orgânica do solo e a textura muito argilosa do solo que estudava, seriam condições que propiciam uma pequena ou nenhuma resposta nitrogenada. A estabilização coloidal da MO em solos oxídricos, podem levar à menor taxa de decomposição da MO disponibilizando menos N para as plantas.

A MO está diretamente relacionada a vários atributos biológicos do solo, sendo um indicador chave da qualidade do solo, além de responder sensivelmente as variações de manejo do solo, influenciando na infiltração de água no solo, resistência a erosão, a atividade microbológica do solo, e conseqüentemente, a sua mineralização e disponibilidade de nutrientes no solo para as culturas.

Segundo Morales et al. (2015) a população de microrganismos apresenta respostas diferentes a fertilizantes orgânicos e minerais. Ainda, conforme Morales et al. (2015) fertilizantes minerais causaram redução na biomassa microbiana, relação C/N, e na atividade enzimática principalmente nas β -glicosidase e fosfatase.

MATERIAIS E MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa entre setembro e novembro de 2020. Em um dos experimentos utilizou-se o arroz (*Oriza sativa*) variedade BRSMG Predileta como planta indicadora e no outro o feijão (*Phaseolus vulgaris*) variedade ouro vermelho, ambos da Empresa Agropecuária de Pesquisa de Minas Gerais.

Em cada experimento utilizou-se um solo arenoso (Ar), fornecido pelo Departamento de Solos da UFV, proveniente da cidade de Três Marias, um argiloso com maior teor de matéria orgânica (AGa) e um argiloso com menor teor de matéria orgânica (AGb). Os solos AGa e AGb correspondem a amostras que foram coletados em um topo de morro do departamento de Engenharia Agrícola da UFV, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de um mesmo solo. Os solos foram secos ao ar a sombra e passados por peneira com malha de 4 mm. Foram coletadas amostras dos solos e passadas por peneiras de 2 mm para caracterização química e física (tabela 1).

Tabela 1. Características químicas e físicas dos solos argilosos com (AGb) e (AGa) com menor e maior teor de matéria orgânica, respectivamente e o solo arenoso (Ar).

Características		AGb	AGa	Ar
pH		5,38	4,77	6,10
P	mg/dm ³	0,75	4,43	0,95
K	mg/dm ³	29	63	68,5
Ca ²⁺	cmolc/dm ³	2,27	3,18	2,01
Mg ²⁺	cmolc/dm ³	0,34	0,54	0,18
Al ³⁺	cmolc/dm ³	0,05	0,25	0,00
H + Al	cmolc/dm ³	2,45	5,8	1,08
SB	cmolc/dm ³	2,68	3,88	2,36
t	cmolc/dm ³	2,73	4,12	2,36
T	cmolc/dm ³	5,13	9,68	3,44
V	%	52,2	40,08	68,73
m	%	1,75	5,93	0,00
MO	dag/kg	1,82	4,00	0,74
P-Rem	mg/L	23,50	32,20	29,48
Areia grossa	kg/kg	0,198	0,253	0,183
Areia fina	kg/kg	0,13	0,169	0,543
Silte	kg/kg	0,096	0,072	0,046
Argila	kg/kg	0,576	0,506	0,228
EU	kg/kg	0,29	0,27	0,10
Cu	mg/dm ³	2,07	1,51	0,39
Mn	mg/dm ³	13,95	28,10	8,00
Fe	mg/dm ³	73,05	124,25	47,00
Zn	mg/dm ³	0,46	1,57	0,51
N-NH ₄ ⁺	mg/kg	13,07	7,75	44,11
N-NO ₃ ⁻	mg/kg	81,01	140,51	55,82
N-total	mg/kg	94,08	148,26	99,93

Foram avaliados fertilizantes de composição amoniacal: ureia (Ure) e sulfato de amônio (SAm), nítrica: nitrato de Cálcio (NCa) e mista: nitrato de amônio (NAm). Os quatro fertilizantes foram aplicados em quantidades que veicularam a dose de 75 mg/dm³ de N. Para cada solo incluiu-se, ainda, o cultivo das plantas sem a adubação nitrogenada. Assim, para cada experimento os tratamentos resultaram da combinação fatorial 3 x (1+4). As unidades experimentais foram vasos plásticos contendo 4,0 dm³ de solo, cultivados com 6 plantas de arroz ou 6 plantas de feijão. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições.

Para que todas as unidades de tratamentos pudessem ter mesma quantidade de solo, foi colocado 400 ml de solo em uma proveta de 1000 ml e em seguida, deu-se três batidas deixando-a cair de uma altura de aproximadamente 5 cm em uma placa de borracha. Repetiu-se o procedimento mais duas vezes, colocando aproximadamente 300 ml de solo cada vez e ao final, o volume de 1000 ml da proveta foi completado, determinando assim, a massa de 1 dm³ de solo. Esse procedimento, foi repetido 5 vezes para cada tipo de solo, para se obter a massa média de 1 dm³ de cada solo. Com base na massa de 1 dm³ e utilizando-se de uma balança, foi adicionado 4,5 dm³ de solo nos vasos.

Na instalação dos experimentos, primeiramente, aplicaram-se e homogeneizaram-se com todo o volume de solo de cada unidade experimental 400 mg/dm³ de P na formulação de CaHPO₄ em pó, e 100 mg/dm³ K e 41 mg/dm³ de S na forma de solução de K₂SO₄. Em seguida aplicaram-se e homogeneizaram-se com a metade superior do volume de solo, 75 mg de N na forma de solução com os respectivos fertilizantes em estudo. Os nutrientes Ca e Mg foram corrigidos com cloreto de Cálcio ou Magnésio, de forma que todos os solos ficassem com mesma proporção de nutrientes.

Para cada unidade experimental foram transplantadas oito plântulas de arroz de 0,5 a 1 cm de altura, ou oito de feijão com emissão das radículas, contudo, ainda sem desenvolvimento de parte aérea, que foram obtidas de sementes pré-germinadas em leite de areia lavada em casa de vegetação ou em papel milipore em estufa de germinação, respectivamente. Após estabelecimento das plântulas, fez-se o desbaste mantendo-se seis plantas por vaso. Nesse momento foram aplicados 0,81, 1,33, 3,66, 4,00, 0,15, 1,55 mg/dm³ de B, Cu, Mn, Zn, Mo e Fe, respectivamente, na forma de solução, de acordo com Novais (1991).

Os vasos foram irrigados com água deionizada, mantendo-os com 80% do EU durante o período de cultivo, sendo monitorada a perda de água pela variação de peso e repondo quando necessário. Para reposição de água, 5 vasos de cada tipo de solo eram pesados obtendo-se assim, a perda média de água e adicionando a quantidade requerida.

Após 45 d de crescimento desde o desbaste, as plantas foram cortadas rente ao solo. Nas plantas de feijão contou-se o número de vagens e estas foram coletadas separadamente. Todo o material vegetal foi seco em estufa com circulação de ar a 65 °C por 48 h. Após isso, determinou-se o peso do material vegetal seco (pMS), que, em seguida foi moído para ser analisado quanto ao teor de N (tN) pelo procedimento de digestão ácida e destilação Kjeldhal (Tedesco et al, 1985). A partir da pMS e do tN foram calculados os conteúdos de N nas plantas (cN). As taxas de recuperações aparentes do N proveniente dos fertilizantes (trN) foram calculadas pela fórmula

$$trN = \frac{cN_{fert_i} - cN_{SF}}{300} \times 100,$$

em que, cN_{fert_i} e cN_{SF} são os conteúdos de N nas plantas fertilizadas com cada um dos fertilizantes e sem fertilização, respectivamente e 300 é a dose de N aplicadas.

Após o corte das plantas de arroz e feijão foram coletadas duas amostras dos solos na camada de 0 a 5 cm utilizando um tubo metálico de 12 mm de diâmetro. As amostras de solo foram transferidas para erlenmeyer de 125 mL tarados. Os pesos das amostras de solo úmidas foram determinados pela diferença dos pesos dos Erlenmeyers, com e sem os solos. Imediatamente adicionaram-se 50 mL de KCl 1 mol/L e submeteu-se o conjunto a agitação por 30 min. Nos extratos obtidos por filtração foram determinados os teores de $N-NH_4^+$ conforme Kempers and Zewers (1986) e de $N-NO_3^-$ conforme Yang et al. (1998). Duas outras amostras dos solos foram coletadas e transferidas para recipientes de polietileno, previamente tarados e foram pesados. Após secagem ao ar e à sombra os recipientes com os solos foram novamente pesados. Os teores de água nas amostras de solo foram determinados pelas diferenças entre os pesos das amostras úmidas e secas. Assim pode-se corrigir os pesos das amostras dos solos submetidas às análises químicas e a expressão dos teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ em relação ao peso de solo seco ao ar.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, desdobrando-se os efeitos dos fertilizantes dentro de cada um dos três solos, considerando-se quatro contrastes que confrontaram: os efeitos sem a fertilização nitrogenada com os efeitos médios dos quatro fertilizantes (C1: -4SF vs (Ure + SAm + NAm + NCa); os efeitos do fertilizante nítrico com os efeitos médios dos fertilizantes amoniacais (C2: -2NCa vs (SAm + Ure); os efeitos do fertilizante nítrico com o efeito do fertilizante misto (C3: -NCa vs NAm) e os efeitos dos fertilizantes amoniacais (C4: -SAm vs Ure). Considerou-se a significância até o nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Arroz

Independentemente da fonte de N, em média, a adubação nitrogenada no solo AGa não proporcionou aumento da produção de matéria seca (pMS) das plantas de arroz (Tabela 2, contraste C1). Contudo, nos solos AGb e Ar se observou, em média, aumento significativo na pMS das plantas, devido a adubação nitrogenada (Tabela 2, contraste C1), Miranda et al. (2017) observaram aumento de pMS do arroz adubados com N e os ganhos de produtividade foram maiores conforme aumentou-se as doses de N de 0 até 90 kg/ha. Esse resultado indica que para o solo AGa a mineralização da matéria orgânica (MO) foi capaz de fornecer N suficiente para suprir a necessidade das plantas e, com isso, limitou a resposta a adubação nitrogenada. Nota-se ainda que, o maior ganho na pMS das plantas propiciado pela adubação nitrogenada no solo AGb foi com o NAm e no solo Ar para o SAm (Tabela 2).

A adubação com N não propiciou maior absorção de nitrogênio pelas plantas de arroz no solo AGa (Tabela 2, contraste C1), evidenciando a maior capacidade desse solo em fornecer N as plantas por meio da mineralização da MO. Entretanto, para os solos AGb e Ar, se observa diferença significativa no cN absorvido pelas plantas, entre os solos fertilizados com N e os não fertilizados (Tabela 02, contraste C1), demonstrando que estes dois solos foram responsivos a adubação nitrogenada. No entanto, nos três solos as diferentes fontes de N não influenciaram significativamente a absorção de N pelas plantas (Tabela 2, contraste C2, C3 e C4).

Apesar disso, verifica-se que, no solo AGa o maior cN nas plantas ocorreu com a adubação com nitrato de cálcio (NCa), enquanto nos solos AGb e Ar o maior e o menor cN foram proporcionados pelo nitrato de amônio (Nam) e ureia (Ure), respectivamente (Tabela 2).

No solo AGa, a resposta das plantas à adubação nitrogenada, a taxa de recuperação aparente do N dos fertilizantes (*trN*) foi, em média de 30 %, enquanto nos outros dois solos a *trN* das plantas foi, em média da ordem de 70 %. Isso evidencia que, no solo AGa houve, de fato, menor resposta das plantas à adubação nitrogenada. No entanto, em nenhum dos três solos se observa diferença significativa para a *trN* pelas plantas de arroz, para nenhuma das fontes de N (Tabela 2, contraste C2, C3 e C4). No solo AGa as *trN* das plantas para os quatro fertilizantes foram, efetivamente, muito similares, variando entre 20 e 36 %. Nos solos AGb e Ar, nos quais as plantas responderam melhor a adubação nitrogenada, ocorreu maior variação entre as *trN*, porém a não significância para os contrastes pode, em parte ser atribuída à elevada variabilidade, como evidência o coeficiente de variação da ordem de 54 %. No entanto, ressalta-se que nos solos AGb e Ar as maiores *trN* (74 a 96 %), se deram pela utilização dos fertilizantes com composição nítrica (NAm e NCa), enquanto, a menor *trN* no solo AGa se deu para NAm.

Tabela 2. Peso da matéria secas (pMS), conteúdo de nitrogênio (cN) e taxa de recuperação aparente (*trN*) plantas de arroz cultivadas em vasos com solos argilosos com maior (AGa) e menor (AGb) teor de matéria orgânica e solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica (Ar), sem adubação nitrogenada e com aplicação de 75 mg/dm³ de N como ureia (Ure), sulfato de amônio (SAm), nitrato de amônio (Nam) ou nitrato de cálcio (NCa).

Fertilizante/Contraste	pMS_	cN_	trN
	g/dm ³	mg/dm ³	%
Solo AGa			
sN	17,27	330,57	-----
Ure	15,94	434,67	35
SAm	18,38	421,40	30
NAm	17,52	392,04	20
NCa	18,44	438,40	36
Média para fertilizantes	17,57	421,63	30
C1: -4sN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)	0,30ns	91,04ns	
C2: -2NCa vs (SAm + URe)	- 1,28ns	-10,35ns	- 3,45ns

C3: -NCa vs NAm	- 0,92ns	- 46,33ns	- 15,45ns
C4: -SAm vs Ure	- 2,45ns	13,25ns	4,42ns

Solo AGb

sN	6,31	78,65	-----
Ure	14,75	244,95	55
Sam	17,61	273,13	65
NAm	18,10	352,24	91
NCa	16,44	317,10	79
Média para fertilizantes	16,73	292,86	73
C1: -4sN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)	10,41**	218,19**	
C2: -2NCa vs (SAm + URe)	- 0,26ns	-58,05ns	-19,35ns
C3: -NCa vs NAm	1,66ns	35,15ns	11,72ns
C4: -SAm vs Ure	- 2,86ns	- 28,20ns	-9,39ns

Solo Ar

sN	8,99	69,93	-----
Ure	16,88	279,51	70
SAm	17,90	287,76	68
NAm	17,52	353,16	86
NCa	15,63	291,70	74
Média para fertilizantes	16,98	303,03	75
C1: -4sN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)	7,99**	233,11**	-----
C2: -2NCa vs (SAm + URe)	1,76ns	- 8,06ns	- 2,69ns
C3: -NCa vs NAm	1,90ns	61,48ns	20,48ns
C4: -SAm vs Ure	- 1,02ns	- 8,28ns	- 2,75ns
CV (%)	22.69	28.71	53.83

ns, **, * efeitos dos contrastes não significativos e significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste de F.

Após o cultivo do arroz constatou-se que, os teores de N inorgânico no solo sem fertilização nitrogenada (sN) foram maiores nos solos argilosos (AGa e AGb) (Tabela 3), sobretudo naquele com maior teor de matéria orgânica (AGa), ressaltando o maior potencial de mineralização do N orgânico e, por conseguinte, menor responsividade à adubação nitrogenada. Prevaleceu nos solos, de modo geral, maiores teores de N-NO₃⁻ (Tabela 3) que, de acordo com o coeficiente de variação (96 %), apresentaram elevada variabilidade. Além de possível absorção preferencial de N-NH₄⁺ pelas plantas de arroz, os elevados teores de N-NO₃⁻ sugerem uma intensa nitrificação.

Em nenhum dos três solos sem adubação (sN) os teores de N-NH_4^+ remanescentes diferiram significativamente daqueles observados, em média, com a adubação nitrogenada (Tabela 3, contraste C1). Também para os teores de N-NO_3^- remanescente não ocorreram, em média, acréscimos significativos devido à adubação nitrogenada (Tabela 3, contraste C1), apesar de serem 2,0, 0,7 e 1,6 vezes maiores nos solos AGa, AGb e Ar, respectivamente. Neste caso, o elevado CV (96 %) contribuiu para a não detecção de diferenças estatisticamente significativas.

Não foram detectados, de modo geral, efeitos significativos dos diferentes fertilizantes nitrogenados sobre os teores remanescentes de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , embora constata-se uma tendência do sulfato de amônio e da ureia, em média favorecerem maiores teores de nitrato no solo AGb e do SAM no solo Ar, do que o nitrato de cálcio (Tabela 3, Contraste C2).

Tabela 3. Teores de N inorgânico ($\text{N-Ni} = \text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$), amoniacal (N-NH_4^+) e nítrico (N-NO_3^-) em solos argilosos com maior (AGa) e menor (AGb) teor de matéria orgânica e solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica (Ar) após cultivados com arroz sem adubação nitrogenada e com aplicação de 75 mg/dm^3 de N como ureia (Ure), sulfato de amônio (SAm), nitrato de amônio (NAm) ou nitrato de cálcio (NCa).

Fertilizante/Contraste	N-Ni	mg/dm ³		%
		N-NH_4^+	N-NO_3^-	
Solo AGa				
SN	22,94	1,32	21,62	94
Ure	40,07	1,01	39,06	97
SAm	49,94	1,10	48,84	98
NAm	69,12	1,31	67,81	98
NCa	102,46	1,41	101,05	99
Média para fertilizantes	65,4	1,21	64,19	98
C1: -4SN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)		- 0,11ns	- 5,34ns	
C2: -2NCa vs (SAm + URe)		- 0,35ns	- 18,33ns	
C3: -NCa vs NAm		- 0,10ns	- 25,16ns	
C4: -SAm vs Ure		- 0,09ns	- 15,02ns	
Solo AGb				
SN	13,88	0,74	13,14	95
Ure	29,82	1,14	28,68	96
SAm	13,25	0,87	12,38	93
NAm	28,52	0,99	27,53	97
NCa	20,89	1,05	19,84	95
Média para fertilizantes	23,12	1,01	22,11	95

C1: -4SN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)		0,27ns	4,50ns	
C2: -2NCa vs (SAm + URe)		- 0,04ns	20,98ns	
C3: -NCa vs NAm		- 0,05ns	9,25ns	
C4: -SAm vs Ure		0,27ns	- 9,24ns	
	Solo Ar			
SN	10,03	0,53	9,50	95
Ure	19,21	0,30	18,91	98
SAm	40,01	0,50	39,51	99
Nam	23,33	0,61	22,72	97
NCa	19,81	0,56	19,25	97
Média para fertilizantes	25,59	0,49	25,10	98
C1: -4SN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)		- 0,04ns	- 7,29ns	
C2: -2NCa vs (SAm + URe)		- 0,17ns	38,64ns	
C3: -NCa vs NAm		0,04ns	- 1,35ns	
C4: -SAm vs Ure		- 0,20ns	- 23,63ns	
CV (%)		38,18	96,53	

ns, **, * efeitos dos contrastes não significativos e significativos a, 1, 5 e de 10 % probabilidade pelo teste de F.

Feijão

Nos três solos a produção de matéria seca da parte vegetativa (pMSpv) do feijoeiro, aumentou significativamente com a adubação nitrogenada (Tabela 4, contraste C1). No entanto, os solos diferiram quanto à capacidade de suprimento de N. As maiores respostas a adubação nitrogenada ocorreram nos solos argilosos: AGb e AGa, apesar do solo AGa apresentar maior teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, maior N potencialmente mineralizável. Bernardes et al, (2015) relata absorção de N no feijoeiro proveniente da mineralização. Ainda em seus resultados não houve diferença na pMSpv. Por outro lado, a menor resposta a adubação nitrogenada se observou no solo arenoso (Ar). O número de vagens (nVa) não foi influenciado significativamente pela adubação nitrogenada, esse resultado corrobora com observações de Bernardes et al, (2015). Apesar da adubação nitrogenada não ter aumentado significativamente a produção de matéria seca nas vagens (pMSva) no solo AGa, ela proporcionou aumento equivalente e significativo nos solos AGb e Ar (Tabela 4, contraste C1). Apesar disso, em média, a proporção relativa de matéria seca acumulada nas vagens (pcMSva) não foi influenciada pela

adubação nitrogenada (Tabela 4, contraste C1) indicando que, independentemente do estado nutricional as plantas mantem a alocação de fotoassimilados para a produção de órgãos reprodutivos, como estratégia de perpetuação da espécie e da ordem de 30 % da $pMSt$. Conforme Almeida (2016), fotoassimilados são preferencialmente alocados nos órgãos reprodutivos que na parte vegetativa das plantas.

Apesar do feijoeiro responder a adubação nitrogenada nos três solos, não se observou, de modo geral, efeitos significativos devido às fontes de N (Tabela 4, contrastes C2, C3 e C4), na $pMSpv$ e $pMSva$, exceto que, no solo AGb o fertilizante NCa favoreceu maior $pMSva$, do que o NAm (Tabela 4, contraste C3), o que reflete na $pMSt$. E no solo Ar a ureia favoreceu maior acumulação relativa de matéria seca nas vagens ($pcMSva$) do que o sulfato de amônio (Tabela 4, contraste C4). Apesar disto, estes resultados, mostram que independente da fonte de N, a $pcMSva$ se mantem, independentemente da produtividade da parte vegetativa e das vagens, reiterando que a planta mantém estável a proporção de matéria seca alocada em órgãos reprodutivos.

Tabela 4. Peso da matéria secas da parte aérea total ($pMSt$), da parte vegetativa ($pMSpv$) e das vagens ($pMSva$), proporção relativa de matéria seca acumulada nas vagens ($pcMSva$) e número de vagens (nVa) de plantas de feijão cultivadas em vasos com solos argilosos com maior (AGa) e menor (AGb) teor de matéria orgânica e solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica (Ar), sem adubação nitrogenada (sN) e com aplicação de 300 mg/dm³ de N como ureia (Ure), sulfato de amônio (SAm), nitrato de amônio (NAm) ou nitrato de cálcio (NCa).

Fertilizante/Contraste	$pMSt$	$pMSpv$	$pMSva$	$pcMSva$	nVa
		g/vaso	%	Nº
				
Solo AGa					
sN	55,96	37,41	18,24	32,4	49
Ure	65,39	44,19	21,20	32,4	54
SAm	64,94	46,41	18,84	29,0	48
NAm	62,29	42,11	20,17	32,4	48
NCa	65,15	44,76	20,39	31,4	56
Média para fertilizantes	64,44	44,37	20,15	31,3	52
C1: -4sN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)	8,49*	6,66**	1,91 ^{ns}	- 1,1 ^{ns}	2,7 ^{ns}
C2: -2NCa vs (SAm + URe)	0,01 ^{ns}	0,54 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	- 0,7 ^{ns}	- 5,3 ^{ns}
C3: -NCa vs NAm	-2,87 ^{ns}	- 2,65 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,9 ^{ns}	- 8,8 ^{ns}
C4: -SAm vs Ure	0,46 ^{ns}	- 2,22 ^{ns}	2,37 ^{ns}	3,5 ^{ns}	6,0 ^{ns}
Solo AGb					

sN	36,27	25,60	10,67	29,3	49
Ure	46,08	33,70	12,38	26,9	47
SAm	52,63	36,69	15,94	30,4	48
NAm	46,13	32,86	13,27	26,0	38
NCa	55,31	38,92	16,39	29,6	46
Média para fertilizantes	50,04	35,54	14,50	28,2	45
C1: -4sN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)	3,77**	9,94**	3,83*	- 1,0 ^{ns}	- 3,8 ^{ns}
C2: -2NCa vs (SAm + URe)	-5,96 ^{ns}	- 3,72 ^{ns}	-2,23 ^{ns}	- 0,9 ^{ns}	1,4 ^{ns}
C3: -NCa vs NAm	-9,18*	- 6,06*	-3,12 ^{ns}	- 3,6 ^{ns}	- 7,8 ^{ns}
C4: -SAm vs Ure	-6,55 ^{ns}	- 2,99 ^{ns}	-3,56 ^{ns}	- 3,4 ^{ns}	- 1,8 ^{ns}
Solo Ar					
sN	46,60	32,67	13,93	29,4	51
Ure	54,80	35,85	18,95	34,5	51
SAm	55,65	40,03	15,62	28,1	40
NAm	55,13	36,92	18,21	33,0	51
NCa	55,22	37,03	18,19	32,9	45
Média para fertilizantes	55,25	37,46	17,74	32,1	47
C1: -4sN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)	8,61*	4,79*	3,81*	2,7 ^{ns}	- 3,9 ^{ns}
C2: -2NCa vs (SAm + URe)	0,01 ^{ns}	0,91 ^{ns}	-0,91 ^{ns}	- 1,5 ^{ns}	1,4 ^{ns}
C3: -NCa vs NAm	-0,09 ^{ns}	- 0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,2 ^{ns}	5,8 ^{ns}
C4: -SAm vs Ure	-0,85 ^{ns}	4,18 ^{ns}	3,33 ^{ns}	6,4*	10,8 ^{ns}
CV (%)	11,39	11,10	18,71	14,6	17,6

ns, **, * efeitos dos contrastes não significativos e significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste de F.

O conteúdo de N, seja na parte aérea da planta (cNt), assim como, na parte vegetativa (cNv) aumentou significativamente, em média, com a adubação nitrogenada apenas no solo arenoso (Ar) (Tabela 5, contraste C1), confirmando que este solo é o que possui menor reserva de N mineralizável, portanto, o solo no qual as plantas foram mais responsivas a adubação com N. De acordo com Bernardes et al. (2015), a mineralização da MO contribuiu com o fornecimento de N para o feijoeiro, contribuindo para o seu desenvolvimento. Por outro lado, não houve diferença estatística para conteúdo de nitrogênio nas vagens (cNva), devido ao efeito médio da adubação nitrogenada (Tabela 5, contraste C1). De modo geral, a proporção de N acumulado nas vagens (prNva) não foi influenciada pela adubação nitrogenada (Tabela 5, contraste C1) o que sugere que as vagens são um dreno preferencial de N.

De modo geral os conteúdos de N na planta (cNt) e nos seus compartimentos vegetativo e reprodutivo (cNt , $cNva$) não foram afetados pelos diferentes fertilizantes (Tabela 5 contrastes C2, C3 e C4), exceto no solo AGa, no qual a Ure propiciou maior cNt e de $cNva$ do que o SAm e no solo Ar no qual a ureia proporcionou maior proporção de N acumulado nas vagens ($pcNva$) (Tabela 5, contraste C4).

A taxa de recuperação do N pelas plantas de feijão (trN) apresentou elevada variabilidade (CV da ordem de 170 %) o que, seguramente, comprometeu a percepção de significância estatística para os contrastes (Tabela 5). As trN dos fertilizantes no solo AGa foram as menores e negativas para SAm, o NAm e NCa, sugerindo que o solo foi capaz de suprir mais N do que aqueles supridos por estes fertilizantes, ou ainda que, tenha ocorrido alguma contribuição da fixação biológica de N. A adição de fertilizantes em solos com maior teor de MO, pode acelerar os processos de mineralização da MO do solo, associados aos processos de umedecimento e secagem do solo, que proporcionam maior perda de NH_3 - por volatilização e que a MO do solo se liga às cargas do solo, reduzindo a adsorção de nutrientes no solo e considerando ainda, que no período de crescimento das plantas a temperatura na casa de vegetação atingia altas temperaturas, chegando a atingir até 46° C nas horas mais quentes do dia e o menor pH desse solo que favorece a desnitrificação do N, levam a entender que a menor trN desse solo se deve ao somatório desses fatores. De acordo com Veçozzi et al., (2018) altas concentrações de N na solução do solo e alterações de umidade e secagem do solo, levam a processos de nitrificação/desnitrificação causando grandes perdas de N. Segundo Jesus GL et al., (20012) em solos com maior teor de MO, o Nitrogênio de fertilizantes pode permanecer solubilizado na solução do solo, facilitando perdas por lixiviação e evaporação de NH_3 . Apesar dos efeitos não significativos, no solo AGb as maiores trN ocorreram para o sulfato de amônio e nitrato de amônio. No solo arenoso as trN foram ainda maiores, e os valores superiores a 100 % para o SAm, NAm e NCa sugerem contribuições adicionais de N, o que pode ser atribuído ao efeito dos fertilizantes sobre a mineralização de formas mais estáveis de N, e um maior aporte de N pela fixação biológica.

Tabela 5. Conteúdo de nitrogênio total (cNt), na parte vegetativa ($cNpv$), nas vagens ($cNva$), e percentagem do nitrogênio acumulado nas vagens ($pcNva$) de

plantas de feijão cultivadas em vasos com solos argilosos com maior (AGa) e menor (AGb) teor de matéria orgânica e solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica (Ar), sem adubação nitrogenada(sN) e com aplicação de 300 mg/vaso de N como ureia (Ure), sulfato de amônio (SAm), nitrato de amônio (NAm) ou nitrato de cálcio (NCa).

Fertilizante/Contraste	cNt	cNpv	cNva	pcNva	trN
	mg/vaso			%	%
Solo AGa					
sN	1.287,25	789,25	498,01	38,46	
Ure	1.340,51	836,30	504,21	38,09	18
SAm	1.228,32	913,07	315,26	25,67	- 20
NAm	1.188,95	760,48	428,47	36,45	- 33
NCa	1.281,43	796,61	484,82	37,30	- 2
Média para fertilizantes	1.259,80	826,62	433,19	34,38	- 9
C1:-4sN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)	-27,45 ^{ns}	37,36 ^{ns}	-64,82 ^{ns}	- 4,08 ^{ns}	
C2: -2NCa vs (SAm + URe)	2,98 ^{ns}	78,07 ^{ns}	-75,08 ^{ns}	- 5,43 ^{ns}	1,0 ^{ns}
C3: -NCa vs NAm	- 92,48 ^{ns}	-36,14 ^{ns}	-56,35 ^{ns}	- 0,86 ^{ns}	- 30,8 ^{ns}
C4: -SAm vs Ure	112,19*	-76,77 ^{ns}	188,96*	12,42 ^{ns}	37,4 ^{ns}
Solo AGb					
sN	797,40	493,63	304,77	37,32	
Ure	837,92	527,90	310,03	37,30	13
SAm	1.033,51	600,17	433,35	43,68	79
NAm	1.040,80	689,81	351,00	31,40	81
NCa	995,41	559,32	436,10	43,02	66
Média para fertilizantes	976,91	594,30	382,62	38,85	60
C1:-4sN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)	178,51 ^{ns}	100,67 ^{ns}	77,84 ^{ns}	1,53 ^{ns}	
C2: -2NCa vs (SAm + URe)	- 59,69 ^{ns}	4,71 ^{ns}	-64,41 ^{ns}	- 2,53 ^{ns}	- 19,9 ^{ns}
C3: -NCa vs NAm	45,40 ^{ns}	130,49 ^{ns}	-85,09 ^{ns}	-11,62 ^{ns}	15,1 ^{ns}
C4: -SAm vs Ure	- 95,59 ^{ns}	-72,27 ^{ns}	-132,32 ^{ns}	- 6,38 ^{ns}	- 65,2 ^{ns}
Solo Ar					
sN	910,09	462,88	447,21	49,11	
Ure	1.199,61	610,47	589,13	50,86	97
SAm	1.375,92	883,36	492,56	36,06	155
NAm	1.246,22	700,07	546,15	44,49	112
NCa	1.338,41	771,21	567,20	43,28	143
Média para fertilizantes	1.290,04	741,28	548,76	43,67	127
C1: -4sN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)	379,95**	278,40 *	101,55 ^{ns}	- 5,44 ^{ns}	**
C2: -2NCa vs (SAm + URe)	- 50,64 ^{ns}	-24,29 ^{ns}	-26,35 ^{ns}	0,18 ^{ns}	- 16,9 ^{ns}
C3: -NCa vs NAm	- 92,18 ^{ns}	-71,27 ^{ns}	-21,04 ^{ns}	1,21 ^{ns}	- 30,7 ^{ns}
C4: -SAm vs Ure	-176,32 ^{ns}	-272,89 ^{ns}	96,57 ^{ns}	14,80 *	- 58,8 ^{ns}
CV (%)	21,95	29,32	25,61	22,79	174,7

ns, **, * efeitos dos contrastes não significativos e significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste de F.

Os dois solos argilosos sem fertilização, após o cultivo do feijão apresentaram maiores teores de N inorgânico que o arenoso (Tabela 6), sendo que o solo AGa apresentou teores de N-NH₄⁺ significativamente maiores que aqueles verificado, em média, com a adubação nitrogenadas (Tabela 6, contraste C1). Por outro lado, em nenhum dos três solos a adubação nitrogenada favoreceu aumento do teor de N-NO₃⁻ remanescente (Tabela 6, contraste C1).

Adicionalmente, para os três solos, não se observa, de modo geral, diferença significativa para os teores de N-NH₄⁺ e de N-NO₃⁻ devido aos diferentes fertilizantes (Tabela 6, contraste C2, C3 e C4). No entanto, no solo AGa o SAm propiciou maior teor remanescente de N-NO₃⁻ do que a ureia (Tabela 6, contraste C4). Também, no solo AGa o SAm propiciou maior teor remanescente de N-NO₃⁻ do que a ureia (tabela 6, contraste C4). É notório que o teor remanescente de N-NH₄⁺ é menor do que o de N-NO₃⁻, sinalizando que as plantas absorveram, preferencialmente, o nitrogênio amoniacal. Embora o seu desenvolvimento não foi prejudicado pela adubação nítrica. Além disso, pode ser uma evidência de intensa nitrificação.

Tabela 6. Teores de N inorgânico (N-Ni: N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻), na forma amoniacal (N-NH₄⁺) e nítrica (N-NO₃⁻) em solos argilosos com maior (AGa) e menor (AGb) teor de matéria orgânica e solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica (Ar) após cultivados com feijão sem adubação nitrogenada e com aplicação de 75 mg/dm³ de N como ureia (Ure), sulfato de amônio (SAm), nitrato de amônio (NAm) ou nitrato de cálcio (NCa).

Fertilizante/Contraste	Ni	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
		mg/dm ³		%
	Solo AGa			
sN	42,51	14,94	27,57	65
Ure	32,69	11,26	21,43	66
SAm	61,17	10,46	50,71	83
NAm	48,37	8,18	40,19	83
NCa	41,83	9,93	31,90	76
Média para fertilizantes	46,02	9,96	36,06	77
C1: -4SN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)		- 4,99*	10,82 ^{ns}	
C2: -2NCa vs (SAm + URe)		0,94 ^{ns}	5,82 ^{ns}	

C3: -NCa vs NAm		- 1,75 ^{ns}	8,28 ^{ns}
C4: -SAm vs Ure		9,29 ^{ns}	- 25,97 ^{**}

Solo AGb

SN	26,39	9,63	16,76	64
Ure	34,47	10,18	24,29	70
SAm	28,27	8,92	19,35	68
NAm	38,78	8,60	30,18	78
NCa	35,65	10,08	25,57	72
Média para fertilizantes	34,30	9,45	24,85	72

C1: -4SN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)		- 0,18 ^{ns}	14,14 ^{ns}
C2: -2NCa vs (SAm + URe)		- 0,53 ^{ns}	- 3,75 ^{ns}
C3: -NCa vs NAm		- 1,48 ^{ns}	4,61 ^{ns}
C4: -SAm vs Ure		1,26 ^{ns}	4,95 ^{ns}

Solo Ar

SN	19,29	9,00	10,29	53
Ure	33,34	10,50	22,84	69
SAm	32,06	7,18	24,88	78
NAm	29,42	7,73	21,69	74
NCa	22,99	10,92	12,07	53
Média para fertilizantes	29,45	9,08	20,37	69

C1: -4SN vs (Ure + SAm + NAm + NCa)		0,08 ^{ns}	9,66 ^{ns}
C2: -2NCa vs (SAm + URe)		- 2,08 ^{ns}	11,79 ^{ns}
C3: -NCa vs NAm		- 3,19 ^{ns}	9,62 ^{ns}
C4: -SAm vs Ure		3,33 ^{ns}	- 2,04 ^{ns}
CV (%)		41,49	51,32

^{ns}, ^{**}, ^{*} efeitos dos contrastes não significativos e significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste de F.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório que o cNt absorvido pelas plantas do feijoeiro (tabela 6 cNt), é muito superior ao N adicionado pela adubação dos solos, somado com uma possível contribuição de N proveniente da mineralização da MO dos solos, especialmente, nos solos sem adubação. Essa diferença sugere a ocorrência de fixação biológica de N, na cultura do feijoeiro, o que lhe propiciou maior acúmulo de N. De acordo com Souza (2011), o feijoeiro, em condições ambientais adequadas pode beneficiar com parte de N, proveniente de fixação biológica por Rhizobium.

CONCLUSÕES

A substituição de fertilizantes amoniacais por nítricos para plantas de arroz, pode ser indicada sem que haja prejuízos da produtividade.

A adubação do feijoeiro com fertilizantes nítricos, propiciou produtividade semelhante a adubação com fertilizantes amoniacais.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA MAK.; CAMARGO AO. Manipulação de carga e movimento de nitrato em horizontes B de Latossolo Vermelho. **Pesq. Agro Pec. Bras**, v. 45, n. 2: p. 204-212, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204X2010000200012>
- ALMEIDA OM.; M HC.; PORTES TA. Growth and of the common bean in response to combined application of nitrogen and paclobutrazol. **Rev. Caatinga** 2016; v. 29 n°. 1: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n115rc>
- ARNUTI F. Dinâmica do nitrogênio em argissolo em função de irrigação e adubação do milho e plantio direto [Dissertação]. **Porto Alegre RS Universidade Federal do Rio Grande do Sul**; 2014 89f
- BERNARDES TG, SILVEIRA PM, CARVALHO MTM, MADARI BE, CARVALHO MCS. Productivity of irrigated beans due to sources of stabilized nitrogen fertilizer and controlled release. **Rev. Ceres** 2015; v. 62 n°. 6. P. 614-620. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562060015>
- BARRETO DCS, GONÇALVES JFC, SANTOS JÚNIOR UM, FERNANDES AV, BARIANI A, SAMPAIO PTB. Biomass accumulation, photochemical efficiency of photosystem II, nutrient content and nitrate reductase activity in Young rosewood plants (Aniba roseadora Ducke) submitted to diferent NO₃⁻: NH₄⁺ ratios. **Acta Amaz.** 2007; v. 37 n°. 4: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000400008>
- CAZETTA JO, VILLELA. Nitrate Reductase Activity in Leaves and Stems of Tanner Grass (Brachiaria radicans Napper). **Sci. Agric.** 2004; v. 61 n°. 6: p. 640-648. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162004000600012>
- DYNIA JF, CAMARGO OA. Nitrate retention in a variable-charge soil, as influenced by phosphate fertilizing and liming. **Pesq. Agropec. Bras.** 1999; v. 34. n° 1: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000100019>
- FONTOURA SMV, BAYER C, MORAES R. Ammonia volatilization in no-till system in the South-central region of the State of Paraná, Brazil. **Rev. Bras. Ci. Solo** 2010; v. 34, p. 1677-1684, <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000500020>

- FONTOURA SMV, BAYER C, MORAES R. Ammonia volatilization in no-till system in the South-central region of the State of Paraná, Brazil. **Rev. Bras. Ci. Solo** 2010; v. 34, p. 1677-1684, <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000500020>
- FREITAS RB, ALVES JD, MAGALHAES MM, GOULART PFP, NASCIMENTO MN, FRIES DD. Adubação do cafeeiro com nitrato de potássio via solo e folha, no outono-inverno e primavera-verão: efeitos na atividade da redutase de nitrato, no crescimento de plantas e na produção. **Ciênc. Agrotec.** 2007; v. 31 n°. 4: p. 945-952. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000400001>
- JESUS GL, BARROS NF, SILVA IR, NEVES JCL, HENRRRIQUES EP, LIMA VC, FERNANDES LV, SOARES BEM. Effect of nitrogen rates and sources on eucalyptus yield and soil organic matter fractions in the cerrado region of Minas Gerais. **Rev. Bras. Ci. Solo**; 2012, v.36. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100021>
- LACERDA CF, FERREIRA JFS, SUAREZ DL, FREITAS ED, LIU X, RIBEIRO AA. Evidence of nitrogen and potassium losses in soil columns cultivated with maize under salt stress. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiente.** 2018; v. 22 n°. 8: p. 553-557. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929>
- LAMMEL DR, AZEVEDO LCB, PAULA AM, ARMAS RD, BARRETA D, CARDOSO EJB. Microbiological and faunal soil attributes of coffee cultivation under different management systems in Brazil. **Braz. J. Biol.** 2015; v. 75, n°. 4: p. 894-905. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.02414>
- MIRANDA NO, PIMENTA AS, SILVA GGC, OLIVEIRA EMM, CARVALHO MAB. Biochar as soil conditioner in the succession of upland rice and cowpea fertilized with nitrogen. **Rev. Caatinga.** 2017; v. 30. n°. 2: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n206rc>
- MORALES D, VARGAS MM, OLIVEIRA MP, TAFFE BL, COMIN J, SOARES CR, LOVATO P. Response of Soil microbiota to nine-year application of swine manure and urea. **Cienc. Rural.** 2016; v. 46 n°. 2: p. 260-266. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140565>
- MOTA MR, SANGOI L, SCENATTO DE, GIORDANI W, BONIATTI CM, DALL'IGNA L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Rev. Bras. Ci. Solo.** 2015; v. 39. N°. 2: p. 512-522. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140308>
- OLIOSI G, RODRIGUES JO, FALQUETO AR, PIRES FR, MONTE JÁ. Partelli FL. 248 Fluorescência Transiente da Clorofila a e Crescimento Vegetativo em cafeeiro conilon sob diferentes fontes nitrogenadas. **Coffee Science.** 2017; v. 12. N°. 2: p. 248-259. URI: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8668>
- OLIVEIRA MAJ, BOVI MLA, MACHADO EC, RODRIGUES JD. Atividade da redutase de nitrato em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Cien. Rural.** 2005; v. 35, n°. 3: p.515-522. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000300005>
- ORDOÑEZ R. Petrobras tenta arrendar fábricas de fertilizantes para evitar fechamento. **O Globo.** 10/01/2019 – 12:52/Atualizado em 10/01/2019 – 20:17.
- PEGORARO RF, SILVA IR, NOVAIS RF, BARROS NF, CANTARUTTI RB, FONSECA S. The 15N natural abundance and nitrogen forms in ultisol cultivated with Eucalyptus and acácia. **Ciência Florestal,** v. 26, n°. 1, p. 295-305, 2016. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509821121>

PINHEIRO RB, CANTARUTTI RB, VILLANI EM, CAVALCANTE VS, FONTES MPF. Nitrate Mobility in Variable-Charge Tropical Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. V. 51, p 2163- 2173, 2020 DOI: 10.1080/00103624.2020.1820025

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. Importações de fertilizantes no primeiro semestre de 2019 é superior ao ano passado e à média histórica do período. 2019

SAATH KCO, FACHINELLO AL. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Rev. Econ. Sociol. Rural**. 2018; v. 56, n°. 2: p. 195-212. <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>

SANTOS CLR, CAZETTA JO, SARAN LM, SANCHES A. Otimização da análise da atividade da redutase do nitrato e sua caracterização em folhas de cana-de-açúcar. **Pesq. Agropec. Bras**. 2014; v. 49, n°. 5: p. 384-394. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000500008>

SILVA EM, LIMA GS, GHEYI HR, NOBRE RG, SILVA SÁ FV, SOUZA LP. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient**. 2018; v. 22 n°. 11. P. 776-781. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p776-781>

SOUZA EFC, SORATTO RP, PAGANI FA. Nitrogen fertilization and rhizobium inoculation in common bean cultivated after corn intercropped with palisad grass. **Pesq. Agropec, Bras**. 2011; v. 46 n°. 4. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400005>

SOUZA SR, FERNANDES MS. NITROGÊNIO. IN: FERNANDES MS, SOUZA SR, SANTOS LA. Nutrição Mineral de Plantas. **Rev. Bras. Ci. Solo**. 2a Edição. Viçosa-MG: 2018, p. 310-375.

STEGANI V, ALVES GAC, MELO TR, COLOMBO RC, BIZ G, FARIA RT. Growth of fertigated desert rose in diferente nitrate /ammonium proportion. **Ornam. Hortic**. 2019; v. 25 n°. 1: p. 18-25. <http://dx.doi.org/10.14295/oh.25il.1248>

TANAN TT, SILVA AL, OLIVEIRA UC, GONÇALVES NETO LP, NASCIMENTO MN. Effect of nitrogen sources on fruit characteristics and seed physiological quality of physalis angulata L. **Pesq. Agropec. Trop**. 49 2019; v. 49: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4955074>

VEÇOZZI TA, SOUSA RO, SCIVITTARO WB, WEINERT C, TARRILLO VRC. Soil solution and plant nitrogen on irrigated rice under controlled release nitrogen fertilizers. **SOIL SCIENCE. Cienc. Rural**, 2018; v. 48 (01). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170279>

VIEIRO F, BAYER C, FONTOURA SMV, MORAES RP. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers in no-till wheat and maize in Southern Brazil. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 2014; v. 38. n°. 4: p. 1515-1525. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000500017>

YANG JE, KIM JJ, SKOGLEY EO, SCHAFF BE (1998). A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin, and soil extracts. **Soil Sci Soc Am**. 1998. 62:1108 –1115