

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

**RESIDUAL DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SUCESSÃO MILHO-
CAPIM SUDÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Armando Matteo Muniz Filho

Itaqui, RS, Brasil

2017

Armando Matteo Muniz Filho

**RESIDUAL DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SUCESSÃO MILHO-
CAPIM SUDÃO**

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

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 07 de 07 de 2017.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho

Orientador

Curso de Agronomia – UNIPAMPA

Prof. Dr. Eduardo Bohrer de Azevedo

Curso de Agronomia – UNIPAMPA

Prof. Dr. Eloir Missio

Curso de Agronomia – UNIPAMPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais e familiares. Armando “pai” e Nariane maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

In memoriam **Morgana Barbosa**
“mãe”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) pela recepção e acolhimento enquanto graduando.

Agradeço aos professores, técnicos e funcionários que contribuíram para uma formação de qualidade com conselhos, orientações e amizade.

Agradeço aos colegas pelas horas de amizades, confraternização, estudos, trabalhos que auxiliou nessa jornada dentro da instituição.

Agradeço em especial ao Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho, pelas orientações, lições e pela amizade ao longo do tempo. Contribuição essencial para realizar esse trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Marcos Toebe pelas orientações e oportunidade de bolsa que contribuíram para aperfeiçoar os conhecimentos.

Agradeço ao Eng. Agr. Toni Serres de Souza pela oportunidade de estágio não obrigatório, pelos ensinamentos e pela amizade, que foram de grande importância.

Agradeço a minha família pelo carinho, amizade, amor e compreensão durante o período que não pude me fazer tão presente.

Agradeço em especial aos colegas Marcelo Paraíba e Filipe Godoy pelo auxílio em atividades referentes a esse trabalho, além da amizade e companheirismo. Poderão sempre contar com a minha amizade e disposição em qualquer momento.

Agradeço ao Prof. Dr. Eloir Missio e Prof. Dr. Eduardo Bohrer de Azevedo por comporem a banca de defesa do trabalho. E pelas considerações realizadas.

RESUMO

RESIDUAL DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SUCESSÃO MILHO-CAPIM SUDÃO

Autor: Armando Matteo Muniz Filho

Orientador: Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho

Itaqui, 07 de julho de 2017.

Na agricultura, a adubação nitrogenada é um dos custos mais relevantes quando tratamos de agricultura moderna, pois além de ser requerido em quantidade elevada, pode apresentar eficiência baixa, devido processos físicos e bioquímicos, que fazem com que esse nutriente não seja absorvido em sua plenitude. Com isso, objetiva-se estudar metodologias que eleve a sua eficiência, fazendo com que recursos naturais e financeiros sejam melhor utilizados, reduzindo impactos ambientais e elevando a lucratividade do sistema produtivo. Nesse caso resolveu-se avaliar como o manejo de sucessão de culturas pode contribuir para o sistema. Foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em casa de vegetação. Foram definidos 5 tratamentos (0; 50; 100; 150; 200%) da dose recomendada de nitrogênio (N) para vaso, com 4 repetições. O experimento foi dividido em dois ciclos, no primeiro realizou-se o cultivo com milho, onde foram aplicados os tratamentos, e no segundo o capim sudão após a incorporação da matéria seca produzida pelo milho. Para o milho foram avaliados sintomas de deficiência nutricional, peso de mil grãos, número de grãos por planta e produtividade, enquanto, no capim sudão avaliou-se matéria seca, altura de plantas e acúmulo de N na planta. Em plantas de milho observaram-se sintomas de deficiência nas doses de 0% e 50%, o peso de mil grãos não diferiu, no entanto, o número de grãos por planta e produtividade apresentou diferença significativa, onde as máximas eficiências técnicas foram nas doses de 127% e 123%, ou seja, 381 mg dm^{-3} e 369 mg dm^{-3} , respectivamente. Na cultura do capim sudão todas as variáveis diferiram estatisticamente, onde as plantas atingiram a maior altura em 118% da dose, matéria seca em 146%, no entanto, o acúmulo de N a regressão foi linear, ou seja, com o aumento da dose de fertilizante aumenta o acúmulo. Com os dados obtidos conclui-se que a recomendação para elevar a eficiência da adubação nitrogenada é 123% da dose para vaso, pois se atinge a

maior produtividade de grãos da cultura, além disso, atinge-se no capim sudão produção de matéria seca de 13,8 gramas por planta, índice de produtividade para forrageiras. No entanto, deve-se realizar estudos futuros em longo prazo, para avaliar o tempo de ciclagem de nutrientes e manejo de cultura sucessoras, irão influenciar no crescimento e desenvolvimento das mesmas.

Palavras-chave: nitrogênio, ciclagem de nutrientes, forragem, sucessão de cultura.

ABSTRACT

RESIDUAL OF NITROGEN FERTILIZATION IN SUCCESS CORN-SUDAN GRASS

Author: Armando Matteo Muniz Filho

Advisor: Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho

Itaqui, July 07, 2017.

In agriculture, nitrogen fertilization is one of the most relevant costs when dealing with modern agriculture, since in addition to being required in high quantity, may have a low efficiency due to physical and biochemical processes, which means that this nutrient is not absorbed in its fullness. The objective is to study methods that increase efficiency, making natural and financial resources more effective, reducing environmental impacts and increasing the profitability of the agricultural production system. In this case it was decided to evaluate how the succession management of crops can contribute to the system. It was carried out in a completely randomized design in a greenhouse. Five treatments (0; 50; 100; 150; 200%) of the recommended dose of nitrogen (N) were determined for vessel with 4 replicates. The experiment was divided in two cycles, the first one was made with corn where the treatments were applied and the second the sudangrass after incorporation of the drymatter produced by corn. The corn was evaluated for symptoms of nutritional disorders, weight of a thousand grains, number of grains per plant and productivity, while in the sudangrass, dry matter, plant height and N accumulation were evaluated in the plant. In corn plants, symptoms of deficiency were observed at doses of 0% and 50%, the weight of a thousand grains did not differ, however, the number of grains per plant and productivity presented a significant difference, where the maximum technical efficiencies were at the doses of 127% and 123%, that is, 381 mg dm⁻³ and 369 mg dm⁻³, respectively. In the sudangrass crop all variables differed statistically, where the plants reached the highest height in 118% of the dose, dry matter in 146%, however, the accumulation of N to the regression was linear, that is, with the increase of the dose of fertilizer increases the accumulation. With the data obtained it is concluded that the recommendation to increase the efficiency of the N fertilization is 123% of the dose to pot, because it reaches the highest grain yield of

the crop, in addition, it is reached in the sudangrass dry matter production of 13,8 g pot⁻¹, yield index for forages. However, long-term future studies should be carried out to evaluate the succession of nutrient cycling and culture management, which will influence their growth and development.

Key-words: nitrogen, nutrients cycling, forage, succession of culture.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Local	15
3.2 Delineamento	15
3.3 Implantação e manejos culturais.....	15
3.3.1 Adubação de cobertura.....	16
3.3.2 Colheita e avaliação do primeiro ciclo - milho.....	16
3.4 Implantação do segundo ciclo – capim sudão	17
3.5 Avaliações.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Milho	19
4.1.1 Sintoma de deficiência nutricional.....	19
4.1.2 Peso de mil grãos de milho.....	20
4.1.3 Grãos por planta de milho.....	20
4.1.4 Produtividade do milho	22
4.2 Capim sudão	23
4.2.1 Matéria seca	23
4.2.2 Altura de plantas.....	24
4.2.3 Acúmulo de N	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
6 REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil apresenta uma área de produção agrícola estimada em 60 milhões de hectares, atingindo uma produção de grãos estimada em 223 milhões de toneladas. O milho (*Zeamays*) é o segundo grão mais produzido, com aproximadamente 88,5 milhões de toneladas, apresentando produtividade estimada para a safra 2017 em 5.200 kg ha⁻¹ de grãos (CONAB 2017). A adubação equilibrada é um dos fatores que tem possibilitado elevadas produtividades. O nitrogênio (N) é onutriente mais requerido pela cultura e é o segundo mais translocado para o grão, cerca de 70 a 77% do total absorvido, perdendo apenas para o potássio (K) (COELHO, 2006).

Alguns solos da região Sul do Brasil apresentam baixa fertilidade, devido aos baixos teores de matéria orgânica (MO), serem solos que sofreram intemperização elevada e/ou alta degradação com o cultivo intensivo, entre outros fatores. Além disso, o N quando aplicado na forma de ureia apresenta uma baixa eficiência, devido elevada suscetibilidade à volatilização de amônia (NH₃) que está associado a vários fatores, como temperatura elevada, alto teor de MO, atividade da urease, umidade do solo, poder tampão do solo, entre outros. Esse fator é intensificado em regiões de tropicais, onde há predomínio de altas temperaturas na maior parte do ano (FRAZÃO et al., 2014).

O N exerce função muito importante na planta, pois é um nutriente estrutural sendo constituinte das proteínas, além de participar de vários processos bioquímicos de fundamental importância no metabolismo vegetal. É essencial para estrutura e funções nas células, por fazer parte da molécula de clorofila, das reações enzimáticas nas plantas, além de atuar na produção e uso de carboidratos (EPSTEIN & BLOOM, 2004).

Associando à alta translocação de N para o grão, a baixa fertilidade dos solos e a grande importância para o metabolismo vegetal, pode-se dizer que o N é um nutriente muito importante no planejamento de um sistema de produção de elevada produtividade. É requerido em grandes quantidades pela maior parte das culturas de expressão no Brasil, tanto na produção de grão como em forrageiras. Sua aplicação trás retornos consideráveis para o produtor, porém é um investimento financeiro elevado, levando a necessidade de condução de ensaios que visam definir manejos que visem aumentar a eficiência desses insumos.

Com base na necessidade de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada, objetivou-se estudar como a sucessão de culturas pode contribuir para elevar a eficiência da utilização dos recursos, através da decomposição de resíduos de culturas por meio da ciclagem de nutrientes no solo.

Especificamente, se estudou o efeito de diferentes doses do fertilizante nitrogenado na forma de ureia, em sucessão de culturas. Avaliou-se o crescimento e desenvolvimento das plantas de milho por determinação de altura de plantas, observação dos sintomas de deficiência de N, determinação de matéria seca da parte aérea e produção. Para plantas de capim sudão avaliou-se a taxa de crescimento, matéria seca e teor de N da parte aérea.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O N é considerado elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais variadas biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (Mifflin & Lea, 1976; Harper, 1994). Dessa forma, o crescimento vegetal é influenciado pela disponibilidade de N na maior parte dos sistemas de produção agrícola, gerando intensos estudos a fim de maximizar a eficiência desse nutriente.

Ao longo do ciclo das plantas a quantidade de N absorvido varia, devido à quantidade de raízes e necessidade para o seu desenvolvimento. Essa quantidade aumenta progressivamente durante o período de crescimento vegetativo, atingindo o máximo durante os estádios reprodutivos e cai na fase de enchimento dos grãos (Cregan & Berkum, 1984). Com isso, a complementação mineral se faz necessária a fim de atender as exigências nutricionais das plantas. Conforme Coelho & França (1995) ao atingir produtividade de $9,17 \text{ t ha}^{-1}$, aproximadamente, são extraído 187 kg ha^{-1} de N nos grãos, cerca de 75% do total extraído pela cultura do milho. Com isso, para viabilizar um equilíbrio da reciclagem de nutrientes é necessário que esses parâmetros de extração de nutrientes se leve em consideração, pois o restante da extração está presente nos restos culturais que irá mineralizar e disponibilizar para culturas subsequentes.

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil (INPI, 2017) devido ao seu baixo custo de produção e transporte, justificado pelo seu alto teor (Malavolta & Moreira, 2009). Entretanto, apresenta uma baixa eficiência, pois está sujeito a diversos processos, acarretando em uma perda superior a 50% do volume aplicado. O N é perdido principalmente pela lixiviação de nitrato (NO_3), volatilização de amônia e emissão de N_2 , N_2O e outros óxidos de N (Anghinoni, 1986). Segundo Moreira e Siqueira (2006) as perdas por desnitrificação podem variar de 5 a $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, representando até 20% de todo do fertilizante aplicado.

A fertilidade do solo aumenta com a sucessão de culturas sejam elas gramíneas ou leguminosas, sendo esse fator de relevante importância na nutrição vegetal. Especificamente quanto ao N, as gramíneas atuam na ciclagem do N mineral do solo, reduzindo os riscos de lixiviação, enquanto as leguminosas adicionam essenuutriente ao solo pela Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) (Amado et al.,

2000). A decomposição de resíduos, nesse caso, depende da proporção das espécies que compõem a consorciação e da relação C/N resultante (Henrichset al., 2001). Ressaltando que leguminosas muitas vezes não necessitam de suplementação, pois realizam a FBN quando em simbiose com bactérias da família *Rhizobiaceae*, formando nódulos do sistema radicular que irão transformar o N_2 presente na atmosfera em formas solúveis, possibilitando a absorção do nutriente. Essa prática é de grande importância, pois reduz custos com adubação nitrogenada além de aumentar a produtividade. No entanto, até o momento a pesquisa não encontrou um modo eficiente de FBN em gramíneas, pois não produzem nódulos como as leguminosas.

Estudos do Muzilliet al. (1983), conclui que adubação verde de inverno com tremoço-branco (*Lupinus albus* L.) é uma alternativa para recuperar a capacidade produtiva de solo degradado pelo uso intensivo e reduzir os gastos com fertilizante nitrogenado na cultura do milho, aumentando cerca de 26% a produtividade. Logo então, pode se associar que a presença de material orgânico no solo, eleva a eficiência do N aplicado quando se utiliza um sistema de sucessão de culturas.

Conforme Wendlinget al. (2007) o efeito residual do N em sucessões de gramíneas trigo/milho/trigo é menor quando comparado com leguminosas no caso trigo/soja/soja. Esse fato se dá devido à fixação biológica das leguminosas quando em simbiose com micro-organismos. Apesar dessa diferença, na sucessão entre gramíneas existe efeito residual considerável, que irá contribuir na nutrição vegetal, reduzindo a quantidade de insumos necessários.

O aproveitamento do N da palha de milho cultivado a campo foi superior ao cultivado em casa de vegetação (Silvaet al., 2008). Porém, na condução a campo a palha do milho ficou no solo durante 6 meses antes da semeadura da próxima cultura, enquanto no experimento em vaso ficou apenas 10 dias. Dessa forma, quanto mais tempo o material orgânico ficar disponível aos diversos fatores de decomposição, favorece a mineralização do N retido na biomassa do milho. Entretanto, a mineralização do N das gramíneas ocorre de forma mais lenta, quando comparado com leguminosas, devido à alta relação C/N associado com a baixa disponibilidade de N mineral no solo.

Nesse sentido, estima-se que 51% do N presente na palha do milho é mineralizado no período de 149 dias após sua adição na superfície do solo

(Wisniewski & Holtz, 1997). Semelhantemente, Sampaio & Salcedo (1993) verificaram que pouco N da palha do milho é recuperado pelo milheto, em razão da lenta mineralização e reimplantação. No entanto, esse fator pode ser positivo se associarmos a um sistema intensivo entre produção de grãos e forrageiras, onde terá cultura implantada ao longo de todo o ano. Dessa forma, o N contido na forma orgânica será mineralizado, gradativamente, durante o ciclo das culturas sucessoras. Assim, se admite que a utilização de sucessão de cultura é uma prática que auxilia na recuperação da fertilidade do solo, sendo uma importante prática para auxiliar o manejo da adubação mineral e reduzir custos para o produtor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O presente trabalho foi realizado na área experimental da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) no Campus Itaqui, Latitude: 29°09'S; Longitude: 56°33'W; altitude: 74m. O solo utilizado é classificado como Plintossolo Argilúvico (EMBRAPA, 2013) coletado na própria instituição.

3.2 Delineamento

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 4 repetições, em recipientes de 15 dm³, totalizando 25 unidades experimentais. Os tratamentos foram determinados a partir da porcentagem da adubação básica recomendada para vasos (Malavolta, 1980), da seguinte maneira: Controle - 0%; T2 - 50%; T3 - 100%; T4 - 150%; T5 - 200%.

3.3 Implantação e manejos culturais

Todas as unidades experimentais receberam, igualmente, 16,76 kg de solo equivalente ao volume de 15 dm³. O pH do solo foi corrigido a partir da análise de solo, conforme a recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SBCS/CQFS, 2004). O pH almejado é entre 5,5 a 6,0 para isso foi utilizado de carbonato de cálcio, em dose equivalente a 6,1 toneladas ha⁻¹ de calcário. Os vasos foram mantidos com umidade equivalente entre 50 e 70% da capacidade de campo para que ocorresse o processo de elevação de pH.

Após o tempo mínimo necessário para a incubação do solo, foi realizada a adubação de base em todos os baldes. Foram aplicados, 16,76 g de Superfosfato Triplo, 9,35 g de Cloreto de Potássio e 2,2 g de Sulfato de Magnésio em todos os vasos. O N foi aplicado na forma de ureiana quantidade de 3,41 g no tratamento 3, 4 e 5, 1,7g no tratamento 2 e o controle não recebeu adubação nitrogenada.

A cultura inicialmente implantada foi o milho (*Zea mays*), sendo semeada junto a adubação de base no dia 22 de setembro de 2016. Foi utilizado o híbrido AS 1551 PRO2 que apresenta de ciclo superprecoce, com a população de 1 planta por vaso.

O controle de doenças e insetos não foi realizado devido não atingir níveis de danos econômicos. Plantas daninhas foram controladas manualmente a fim de evitar competição entre as plantas pelo nutriente avaliado.

A irrigação foi feita através da pesagem dos vasos mantendo-se os vasos com aproximadamente 60% da capacidade de campo, pré-determinada em laboratório com amostra do solo.

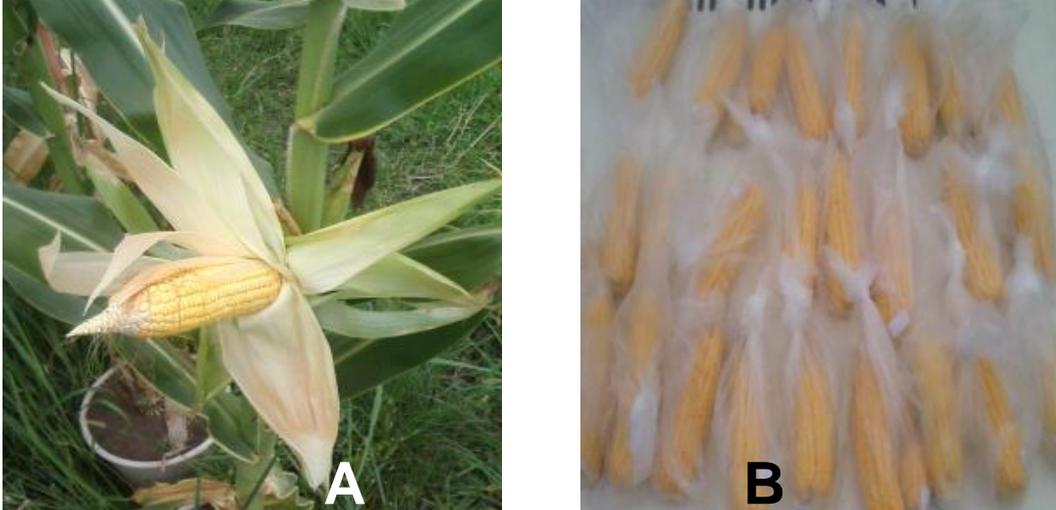
3.3.1 Adubação de cobertura

A adubação de cobertura foi dividida em 3 parcelas nas respectivas datas 26 de outubro, 07 de novembro e 17 de novembro de 2016. Os tratamentos 2 e 3 receberam em cada parcela 1,7 g e 3,41 g de ureia, respectivamente. O tratamento 4 recebeu na primeira parcela 3,41 g e nas seguintes 3,98 g de ureia. Na primeira aplicação do tratamento 5 foi aplicado 3,41g e nas posteriores 5,68 g de ureia.

3.3.2 Colheita e avaliação do primeiro ciclo - milho

O experimento foi conduzido até o ponto de colheita que ocorreu no dia 31 de dezembro de 2016, onde todas as espigas foram colhidas e identificadas para, posteriormente, avaliação de peso médio de grãos e número de grãos por espiga, tornando possível a estimativa do peso de mil grãos (Figura 1). Os dados passaram por testes de regressão pelo programa ASSISTAT (SILVA & AZEVEDO, 2016).

Figura 1: Detalhe da espiga do tratamento com aplicação de 50% da dose recomendada de N não atingindo a granação total da espiga (A) e detalhe das espigas colhidas e separadas para avaliação (B).



3.4 Implantação do segundo ciclo – capim sudão

Na segunda etapa do experimento as plantas de milho foram trituradas, afim de, reduzir o tamanho das partículas e possibilitar a incorporação do material orgânico no solo respectivo tratamento. Após esse procedimento foi realizada a adubação de base, utilizando as mesmas recomendações anteriores, não aplicando N em nenhum tratamento. Logo então, a semeadura do capim sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) ocorreu no dia 15 de fevereiro de 2017. A cultura foi conduzida por 47 dias.

3.5 Avaliações

Foram realizadas três medidas de altura a cada sete dias, a partir do dia 16 de março até dia 03 de abril de 2017. Após a avaliação de altura as plantas foram colhidas para avaliação do peso de matéria seca. Logo então, as plantas foram colhidas e lavadas para retirar as impurezas que por ventura possam vir a alterar os dados da amostra. Primeiramente foi lavada em água corrente para retirar sujeiras de maior tamanho, sendo posteriormente lavadas em água deionizada para retirar as demais impurezas. Então levados para estufa de ventilação forçada à temperatura de 60°C por 72 horas, ou até que permanecessem com peso constante. O N foi determinado por destilação pelo método semi-micro-Kjeldahl (Malavolta et al., 1997). Após as avaliações os dados de altura de planta, produção de matéria

seca e teor de N foram submetidos à análise de regressão, a fim de identificar a significância dos dados e determinar o ponto de máxima eficiência técnica. Os dados passaram por testes de regressão pelo programa ASSISTAT (SILVA & AZEVEDO, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Milho

As plantas apresentaram estatura de 1,9 metros, aproximadamente. Observaram-se empiricamente variações entre tratamentos, de características fisiológicas que será discutido aqui.

No momento da última aplicação de N para as últimas plantas que o receberam, puderam-se perceber diferenças quanto à altura de plantas além de seu aspecto, refletindo efeitos dos tratamentos (Figura 2).

Figura 2: Detalhe do experimento com o cultivo de milho 54 dias após a sementeira.



4.1.1 Sintoma de deficiência nutricional

Durante a condução do experimento foi possível observar que as plantas sob o tratamento controle e de menor aplicação de N (0 e 50%) apresentaram sintomas típicos de deficiência desse nutriente, tais como, clorose formando ângulo agudo entre caule e folhas levando a um baixo teor de clorofila, senescência precoce e folhas menos devido ao menos número de folhas. Malavolta (2006) menciona que esses sintomas são típicos de deficiência de N, no entanto deve ocorrer em folhas velhas e apresentar uma simetria na planta, bem como identificado em tratamentos com doses inferiores (Figura 3). Esses sintomas além de levar a uma baixa produtividade, irá diminuir a quantidade de N contido na parte aérea do milho, com

isso, reduzindo a quantidade desse nutriente disponível para a mineralização e ciclagem de nutrientes, consecutivamente.

Figura 3: Clorose em forma de ângulo agudo entre caule e folha em folhas velhas, tratamento controle.



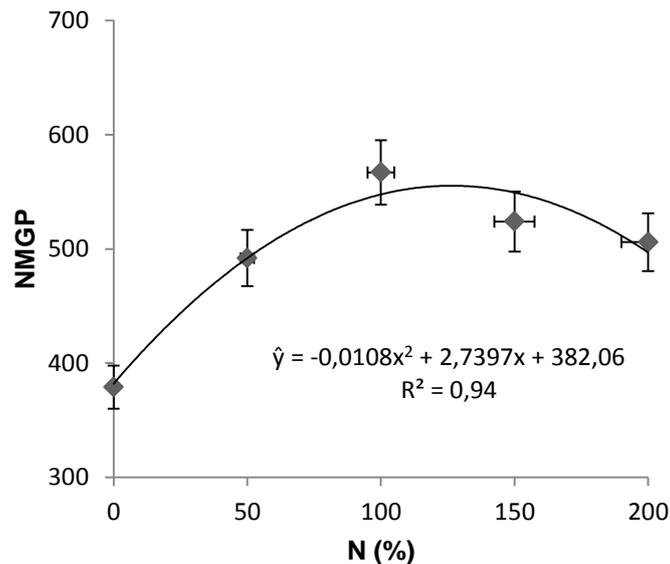
4.1.2 Peso de mil grãos de milho

A variável peso de mil grãos não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$). Mendonça et al. (1994) compararam doses de N com peso de mil grãos e observaram que houve diferença significativa, em diferentes doses de N onde chegou-se a 279 g a maior média de mil grãos, próximo a valores obtidos nesse trabalho. No entanto, os tratamentos utilizados em seu trabalho foram maiores que neste trabalho, onde a maior dose de N foi três vezes superior. Entretanto, Matchula et al. (2012) ao testarem doses inferiores de adubação nitrogenada, associado a diferentes densidades de semeadura, em uma cultivar de milho híbrido, concluíram que não houve diferença significativa para variável peso de mil grãos, podendo-se então pressupor que as doses utilizadas não foram suficientes para afetar o peso de mil grãos.

4.1.3 Grãos por planta de milho

Os dados de número de grãos foram determinados a partir da contagem de grãos por espiga, onde se obteve diferença significativa ($P < 0,05$), chegando-se ao maior número de grãos na dose de 127% do recomendado, equivalente a 381 mg dm^{-3} de N a partir de então ocorre um decréscimo no número de grãos (Figura 4).

Figura 4: Relação entre número médio de grãos por planta (NMGP) e doses de N conforme o recomendado (N).



Mendonça et al. (1994) ao avaliarem doses de N em milho, concluiu que o número de grãos variou significativamente relacionando isso ao maior comprimento das espigas conforme se eleva a dose de N. Chegando-se no ponto que com o incremento da dose de adubo nitrogenado reduz o comprimento da espiga consecutivamente o número de grãos. Uma hipótese dessa reação é representada pela possibilidade das plantas apresentarem toxicidade, devido à elevada dose de N, além de reduzir a frutificação no fim da parte superior da espiga (Figura5).

Figura 5: Espiga tratamento referente ao tratamento 5 com redução de frutificação no ápice da espiga.

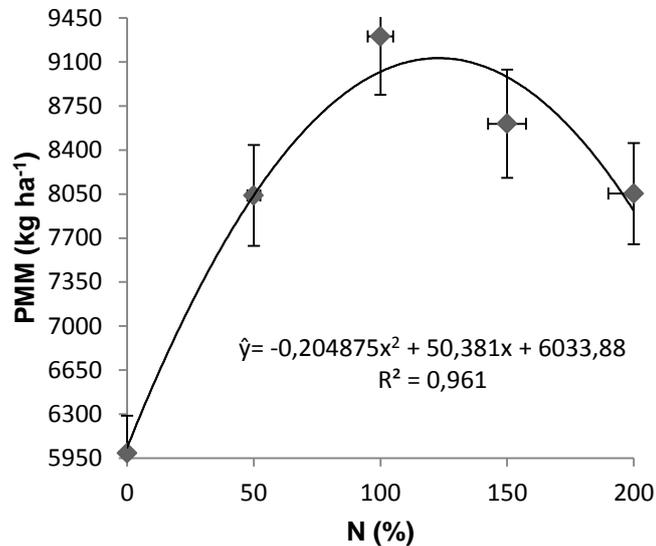


Apesar de não ter sido avaliado o comprimento de espiga nesse experimento, de pode-se observar que ao longo do ciclo da cultura se identificou que plantas do tratamento 3 e 4, apresentaram espigas mais desenvolvidas quando comparada com as demais. Além disso, plantas desses tratamentos produziram 2 espigas, onde a segunda com um desenvolvimento reduzido quando comparado com a espiga principal, porém aumentando o número de grãos por planta.

4.1.4 Produtividade do milho

A produtividade do milho foi calculada estimando-se uma população de 60 mil plantas por hectare, obtendo diferença significativa ($P < 0,05$), onde a maior produtividade foi na dose de 123% de N, do recomendado, equivalente a 360 mg dm^{-3} , onde doses superiores irão causar um decréscimo acentuado de produtividade (Figura 6). Nessa dose a produção média estimada é de 9.100 kg ha^{-1} , Quadros (2009) ao avaliar doses de N, em vaso, associado à inoculação de *Azospirillum* encontrou produtividade de 9.190 kg ha^{-1} , próximo aos valores obtidos. No entanto, essa produtividade é considerada baixa quando comparada com as obtidas nos últimos anos á campo, na região, em produção de milho irrigado. Vianet al, (2016) ao avaliarem o milho irrigado pelo sistema de pivô central, obtiveram produtividade de $11.960 \text{ kg ha}^{-1}$ na safra 2011/12. No entanto, deve-se considerar que o experimento foi conduzido em vaso, onde existe um espaço limitado para crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, consecutivamente, menor absorção da solução nutritiva do solo. Ao comparar com a produtividade do tratamento controle, percebe-se que ocorreu um aumento significativo de aproximadamente 50% na produtividade, justificando os benefícios da correção da fertilidade do solo.

Figura 6: Relação entre produtividade média de milho (PMM) com diferentes doses de N, conforme o recomendado (N).

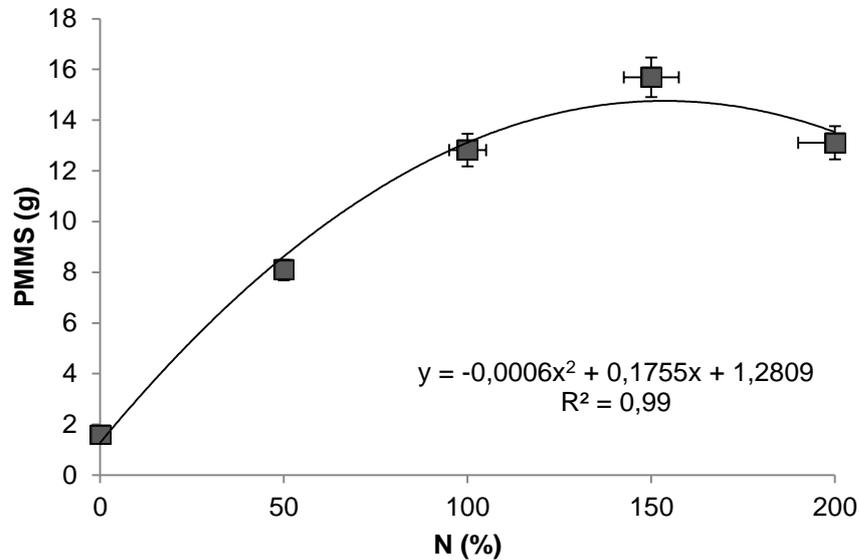


4.2 Capim sudão

4.2.1 Matéria seca

Encontrou-se diferença significativa para a produção de matéria seca da parte aérea, onde na dose de 146% equivalente à 438 mg dm⁻³ se obteve a maior produção de matéria seca (MS), próximo à 14 g por vaso (Figura 8). No entanto, Simili et al. (2008) não encontraram diferença significativa em experimento com capim sudão, em diferentes doses de N, para produção de MS, porém encontraram diferenças significativas quando associado a ciclos de pastejo e concluíram que a fertilidade do solo era alta e ocorreu baixa precipitação pluviométrica, fatores esses que não ocorreram no experimento. Observa-se no gráfico que doses inferiores a produção de MS é reduzida, devido à falta do nutriente para a planta realizar as suas atividades metabólicas, enquanto, doses superior ao ponto de máxima eficiência técnica (PMEF), próximo a 150%, ocorre um decréscimo na produção de MS devido uma possível toxidez pelo excesso de N.

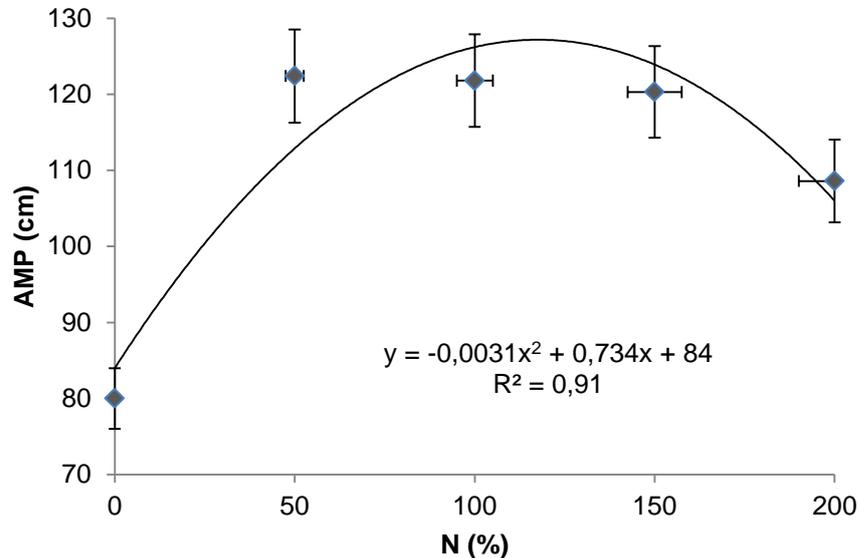
Figura 8: Produção média de matéria seca produzida pelo capim sudão (PMMS), em função da dose de N aplicado, conforme o recomendado (N).



4.2.2 Altura de plantas

A variável altura de plantas apresentou diferença significativa ($P < 0,05$), onde na dose de 118% equivalente à 354 mg dm^{-3} de N apresentou a maior altura média (Figura 7), próximo ao tratamento que se obteve maior produtividade de milho. O ponto de melhor resposta para altura de plantas está próximo à maior produção de MS. Esses dados corroboram com os obtidos por Tomich et al. (2004) que identificaram que a correlação entre as duas variáveis é significativa. No entanto, ressaltaram que a correlação da altura de plantas com a relação folha/colmo foi negativa, fator esse que é indesejável quando se objetiva produção de forragem de qualidade, porém os dados obtidos de altura de plantas para diferentes genótipos de capim sudão estão próximos aos obtidos na melhor dose de N. Podemos associar que ao adubarmos a cultura do milho, a fim de explorar o seu máximo rendimento de grãos, indiretamente se atinge um maior acúmulo de N mineral na parte aérea, fazendo com que ao longo dos ciclos sucessores esse elemento seja liberado, a partir da ciclagem de nutrientes. Porém devem-se ser realizados novos experimentos com tempo maior de condução, para avaliar se o crescimento não irá interferir na qualidade da pastagem e se após o pastejo adequado não se reduz o efeito sobre a qualidade da pastagem.

Figura 7: Altura média de plantas (AMP) em função da dose de N aplicada, conforme o recomendado (N).



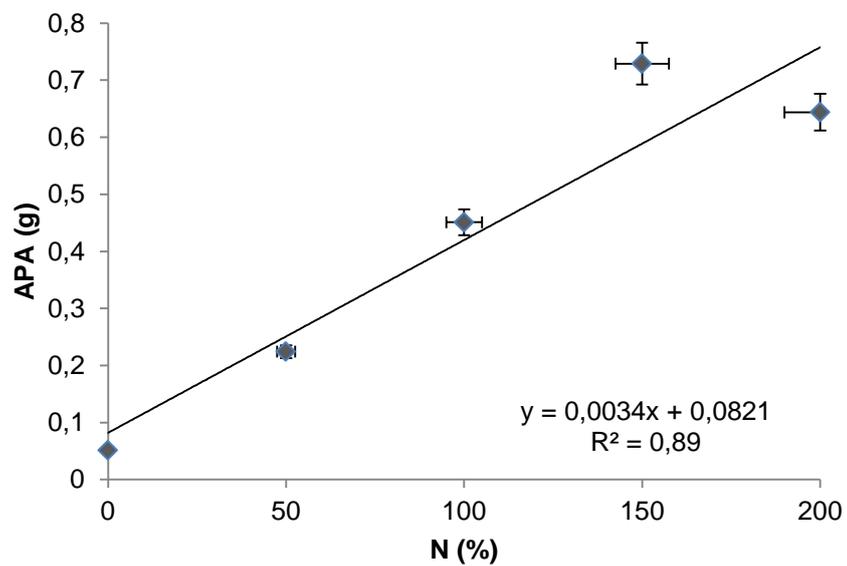
4.2.3 Acúmulo de N

O acúmulo de N diferiu significativamente ($P < 0,05$), (Figura 8), logo se pode concluir estatisticamente que se aumentar a dose de fertilizante nitrogenado o acúmulo de N pelas plantas de capim sudão irá aumentar. Entretanto, não podemos concluir que todo o N extraído está sendo assimilado pelas plantas, pois a determinação de N no tecido vegetal considera todo o N contido no mesmo, até mesmo o N que ainda não foram assimilados pelas plantas (Malavolta et al. 1997). O fato de acumular maiores teores de N pode ser um problema, pois ao associarmos com a produção de MS que é um indicativo de produtividade de forrageiras, observa-se que doses superiores a 438 mg dm^{-3} ocorrem um decréscimo de matéria seca podendo ser um indicativo de toxidez por esse nutriente.

Logo então, não é indicado que se aumente excessivamente a dose de N no milho, pois além de reduzir a produtividade do milho o capim sudão pode apresentar estresses nutricionais, reduzindo seu crescimento e desenvolvimento que irá afetar a produção de forragem. O excesso desse nutriente além de causar distúrbios fisiológicos, gera prejuízos financeiros para o produtor e ambientais. O excesso de nitrato pode ser acumulado em vacúolos, mas amônio em excesso é tóxico podendo, por exemplo, desacoplar a fotofosforilação oxidativa (SOUZA; CARVALHO, 2000).

O acúmulo elevado de N da dose de 600 mg dm^{-3} , referente a 200% da dose recomendada, pode ser explicado pelo efeito de concentração desse nutriente, pois nessa dose ocorre uma redução na altura e na produção de matéria seca, no entanto, nos tratamentos inferiores ocorre o efeito de diluição devido a baixa disponibilidade de N no sistema, fazendo com que o acúmulo desse nutriente seja reduzido.

Figura 8: Acúmulo de N na parte aérea de capim sudão (APA) em função da dose de N aplicado, conforme o recomendado (N).



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do milho apresenta resposta significativa à adubação nitrogenada, se obtendo o PMEF de produtividade próxima a 123% da dose de N, conforme o recomendado para vaso, atingindo uma produtividade de 182 sc ha⁻¹. O peso de grão não é afetado pela adubação, enquanto o número de grãos por plantas sofre interação, pois o N está relacionado a moléculas que fazem parte da composição e reações fisiológicas que ocorre na planta, no entanto qualquer estresse nutricional pode levar a redução na produtividade.

A cultura do capim sudão apresentou diferenças para as variáveis avaliadas, onde podemos concluir que o N contido na palha do milho ao ser mineralizado contribui para a nutrição da cultura subsequentes. A altura e a matéria seca apresentaram melhores resultados próximo ao PMEF do milho, concluindo que ao corrigirmos a fertilidade do solo de modo a atingir o PMEF do milho será o ponto de melhor resposta para o capim sudão. Porém, o acúmulo de N eleva-se com o aumento de N no milho, como não foi realizada análise do teor de N nessas plantas, não podemos concluir se essa relação é devido a maior assimilação de N pelo milho. No entanto, o maior acúmulo de N nem sempre será benefício, podendo além de trazer prejuízo ao produtor e problemas ao meio ambiente, causar distúrbios fisiológicos que alteram a qualidade da forragem e características físicas.

Devido ao fato da lenta mineralização dos nutrientes contidos na palha do milho, a precisão para variáveis do segundo ciclo foram baixas, pois o tempo de condução dessa etapa não foi suficiente para o completo desenvolvimento da cultura. Estudos em longo prazo, após ciclos consecutivos, são necessários a fim de avaliar a resposta de diferentes culturas sucessoras ao milho em tempo hábil de realizar a mineralização e extração dos nutrientes contidos em sua palha e o crescimento e desenvolvimento de culturas posteriores.

6 REFERÊNCIAS

AMADO, T.J.C.; MILENICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.179-189, 2000.

ANGHINONI, I. **Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. In: SANTANA, M.B.M. Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. Cap.I. p.1-18.

CREGAN, P.B.; BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v.67, p.97-111, 1984.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.71, set. 1995. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n.2, p.1-9, set. 1995. Encarte.

COELHO, A. M. **Importância da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/64013/1/Importancia-adubacao.pdf>. Acesso em: 13 de mar. de 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013. 353p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. Segunda edição. Londrina: Editora Planta, 2006. 402p.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, Á. R.; SILVA, V. L.; OLIVEIRA, V. A.; CORRÊA, R. S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1262-1267, 2014.

HARPER, J. E. **Nitrogen metabolism**. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; et al. *Physiology and determination of crop yield*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. Chapt.11A. p.285-302.

HENRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, p.331-340, 2001.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE-INPI. **Consumo aparente de fertilizantes e matérias-primas em 2016**. Disponível em: <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132#aparente>. Acesso em: 14 de junho de 2017.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ed. Ceres. 1980. 251p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª Ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E.; MOREIRA, M. F. **O Nitrogênio na agricultura brasileira**. In: LAPIDO-LOUREIRO, F.E.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO. *Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. p.211-255.

MENDONÇA, F. C.; MEDEIROS R. D.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1035-1044, out/dez. 1999.

MIFLIN, B.J., LEA, P.J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York, v.15, p.873-885, 1976.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª Ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C.; TORNERO, M. T. Adubação nitrogenada em milho no paranã: III Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília. v.18, n.1, p.23-27, jan. 1983.

QUADROS, P. D. Inoculação de *azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul. 2009. 74 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009.

ROJAS, C. A. L.; BAYER C.; FONTOURA, S. M. V.; WEBER, M. A.; VIEIRO, F. Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no centro-sul do paranã. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.36, p.261-270, 2012.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, L. H. Mineralização e absorção por milheto do nitrogênio do solo, da palha de milho (15N) e da ureia (15N). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.17, p.423-429, 1993.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. **Plintossolos Argilúvicos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362ja202wx5ok0liq1mq1177o4j.html. Acesso em: 13 de mar. de 2017.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-740, 2016.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2853-2861, 2008.

SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N.; PAZ, C. C. P.; LIMA, M. L. P.; BELLINGIERI, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.474-480, 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO/COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10ª Ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400p.

SOUZA, R. J; CARVALHO, J. G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.4, p.905-916, 2000.

TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, R. G. P.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.2, p.258-263, 2004.

VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.3, p.464-471, mar, 2016.

WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, J. C.; MIELNICZUK, L.; LOVATO, T. Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, p.985-994, 2007.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G.P. **Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia soja sob plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.11, p.1191-1197, nov. 1997.