

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INOCULAÇÃO, MANEJO DO NITROGÊNIO E DECOMPOSIÇÃO DOS
RESÍDUOS VEGETAIS DE CEREAIS DE INVERNO NA PRODUÇÃO
DE GRÃOS E SILAGEM DE MILHO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Patricia Bertoncelli

Santa Maria, RS, Brasil.

2014

**INOCULAÇÃO, MANEJO DO NITROGÊNIO E
DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS VEGETAIS DE CEREAIS
DE INVERNO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E SILAGEM DE
MILHO**

Patricia Bertoncelli

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Fisiologia e Manejo de Culturas Agrícolas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**

Orientador: Prof. Thomas Newton Martin

Prof. Sandro Luis Petter Medeiros (Co-orientador)

Prof. Liliane Márcia Mertz (Co-orientador)

Prof. José Laerte Nörnberg (Co-orientador)

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

Ficha catalográfica

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bertoncelli, Patricia
Inoculação, manejo do nitrogênio e decomposição dos
resíduos vegetais de cereais de inverno na produção de
grãos e silagem de milho / Patricia Bertoncelli.-2014.
89 p.; 30cm

Orientador: Thomas Newton Martin
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, RS, 2014

1. Azospirillum Brasilense 2. Zea mays L. 3. Ciclagem
de nutrientes 4. Culturas de inverno 5. Silagem I.
Martin, Thomas Newton II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Patricia Bertoncelli. A reprodução de partes ou de todo deste trabalho só poderá ser feita mediante citação da fonte.

Endereço: Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Prédio 44 - Campus Universitário, Universidade Federal de Santa Maria, CEP: 97105-900 - Santa Maria/RS.

Fone: (55) 8125704; e-mail: pb.zootecnia@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a dissertação de Mestrado

**INOCULAÇÃO, MANEJO DO NITROGÊNIO E DECOMPOSIÇÃO DOS
RESÍDUOS VEGETAIS DE CEREAIS DE INVERNO NA PRODUÇÃO
DE GRÃOS E SILAGEM DE MILHO**

elaborada por
Patricia Bertoncelli

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Thomas Newton Martin
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes
(UFSM)

Prof. Dr. Celso Silva Gonçalves
(IFF)

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2014.

Aos meus pais José Bertoncelli e Cleusa R. B. Bertoncelli e meus irmãos Douglas e Monica, pelo amor, força, educação, ensinamentos, apoio e por terem sido exemplo de honestidade e perseverança.

Dedico este trabalho

Agradecimentos

Aos meus pais e irmãos pelo carinho, dos momentos felizes e pela força e incentivo nos inúmeros momentos difíceis.

Ao professor Thomas Newton Martin pela orientação.

Ao grupo de pesquisa em grandes culturas que muito mais do que sua ajuda a campo e no laboratório, foram amigos prestativos nos momentos eternos entre uma ida e outra para casa, certamente serão pessoas inesquecíveis.

Aos colegas do mestrado e doutorado que proporcionaram tantos momentos felizes, pelas inúmeras vezes que auxiliaram na execução do experimento.

Aos amigos que fizeram parte desses dois anos de forma ativa, com muito carinho e atenção.

Aos professores do programa de pós-graduação, em especial ao professor Ubirajara pela disponibilização do laboratório, assim como pelo auxílio na execução do experimento, e também ao professor Jerônimo pelas sábias palavras que de certa forma deram força para persistir no caminho.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

INOCULAÇÃO, MANEJO DO NITROGÊNIO E DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS VEGETAIS DE CEREAIS DE INVERNO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E SILAGEM DE MILHO

Autora: Patricia Bertoncelli

Orientador: Thomas Newton Martin

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2014.

A busca pela maior produtividade e a preocupação com a sustentabilidade, faz com que se seja constante a busca por alternativas que obtenham alta produtividade de forma sustentável sendo a ciclagem de nutrientes, a fixação biológica de nitrogênio e o uso adequado da adubação nitrogenada algumas dessas alternativas. A fim de validar essas alternativas objetivou-se com esse trabalho verificar a influência da inoculação e manejo do nitrogênio em cereais de inverno, taxas de decomposição dos resíduos vegetais e sua influência sobre as produtividades de grãos e silagem de milho. O trabalho consiste em três capítulos sendo o primeiro intitulado “efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e tratamento de sementes sob o desenvolvimento inicial de quatro cultivares de trigo” o qual tem por objetivo avaliar o desenvolvimento e estabelecimento inicial de cultivares de trigo submetido ao tratamento de sementes e inoculação com bactérias de *Azospirillum brasilense*. O segundo intitulado “inoculação, resíduos de palhada e doses de nitrogênio sob a produtividade de grãos e qualidade de silagem de milho” tem por objetivo avaliar a influência da aplicação de *Azospirillum brasilense* associada a diferentes doses de nitrogênio nos componentes de rendimento e na qualidade de silagem de milho em sistema de plantio direto sobre diferentes resíduos culturais. O terceiro “decomposição de diferentes resíduos culturais sobre diferentes doses de nitrogênio e aplicação de *Azospirillum brasilense*” tem por objetivo obter uma caracterização da decomposição dos macronutrientes de diferentes culturas/cultivares, sob a influência de diferentes doses de nitrogênio e aplicação de inoculante a base de *Azospirillum*. Os diferentes resíduos culturais apresentam proporcionam diferentes produtividades assim como alteração na qualidade da silagem. A aplicação de *Azospirillum brasilense* proporciona aumento na produtividade de milho, alteração no desenvolvimento inicial de plântulas de trigo, assim como proporciona variação na decomposição de resíduos vegetais. O uso do tratamento de semente afeta o desenvolvimento inicial de plântulas de trigo, no entanto, as mesmas possuem ganho compensatório minimizando esse efeito.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes, culturas de inverno, *Zea mays* L.

ABSTRACT

Master's Degree Dissertation

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

INOCULATION, MANAGEMENT OF NITROGEN AND BREAKDOWN OF WASTE VEGETABLE PRODUCTION IN WINTER CEREALS GRAIN AND CORN SILAGE

Author: Patricia Bertoncelli

Adviser: Thomas Newton Martin

Date: Santa Maria, february 28th, 2014

The quest for greater productivity and concern for sustainability, it makes the constant search for alternatives that obtain high productivity sustainably and nutrient cycling, biological nitrogen fixation and proper N fertilization some of these alternatives. In order to validate these alternatives aim with this work was to verify the influence of inoculation and nitrogen management in winter cereals, rates of decomposition of plant residues and its influence on the yield of grain and corn silage. The work consists of three chapters with the first entitled "effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* and seed treatment in the initial development of four cultivars of wheat" which aims to assess the development and initial establishment of wheat cultivars subjected to treatment and inoculating seeds with *Azospirillum brasilense* bacteria. The second titled "inoculation, waste straw and nitrogen on grain yield and quality of corn silage " aims to evaluate the influence of applying *Azospirillum brasilense* associated with different levels of nitrogen on yield components and quality of silage corn in no-till crop residues on different system. The third "different decomposition of crop residues on different nitrogen rates and application *Azospirillum brasilense*" aims to obtain a characterization of the decomposition of the macronutrients of different crops / cultivars, under the influence of different nitrogen and inoculant application based *Azospirillum*. The different crop residues have different productivities as well as provide change in silage quality. The application of *Azospirillum brasilense* causes increase in corn yield, change in the initial development of wheat seedlings, as well as providing variation in the decomposition of plant residues. The use of seed treatment affects initial growth of wheat seedlings, however, they have a compensatory gain minimizing this effect.

Keywords: nutrient cycling, winter crops, *Zea mays* L.

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1. Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV), bloco, cultivares (CVS), inoculação (INO), tratamento de sementes (TS) e interações, graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), nível mínimo significativo (PR>F), para as variáveis porcentagem de plantas vigorosas (VG, %), germinação total (GT, %), porcentagem de plantas anormais (ANO, %), porcentagem de plantas mortas (MO, %), comprimento da parte aérea da plântula (PA, cm), comprimento da raiz da plântula (RA, cm), comprimento total da plântula (CT, cm), massa seca da parte aérea (MSPA, g), massa seca da raiz (MSRA, g) e emergência de plantas no canteiro (EC, %). UFSM, Santa Maria, 2014.....25
- Tabela 2. Média da interação tripla das diferentes cultivares de trigo com ou sem a aplicação da inoculação e com e sem a aplicação do tratamento de sementes para as variáveis porcentagem de plantas vigorosas (VG, %), comprimento da parte aérea da plântula (PA, cm), comprimento da raiz da plântula (RA, cm), comprimento total da plântula (CT, cm) e massa seca da raiz (MSRA, g). UFSM, Santa Maria, 2014.....28
- Tabela 3. Média da interação das diferentes cultivares de trigo com ou sem a aplicação da inoculação, interação das diferentes cultivares de trigo com e sem a aplicação do tratamento de sementes para as variáveis germinação total (GT, %), porcentagem de plantas mortas (MO, %) e massa seca da parte aérea (MSPA, g). UFSM, Santa Maria, 2014.....30
- Tabela 4. Média das diferentes cultivares de trigo (CVS), inoculadas ou não (INO) e tratadas ou não (TS) para as variáveis porcentagem de plantas anormais (ANO, %) e porcentagem de emergência de plantas no canteiro. UFSM, Santa Maria, 2014.....32

CAPÍTULO II

- Tabela 1. Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), nível mínimo significativo (PR>F), para as variáveis altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (IE), diâmetro de colmo (DC), número de espigas (NE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGF), produtividade de grãos (PG), número de grãos total (NGT), massa de cem grãos (MCG), matéria seca da silagem (MSS), cinzas (CZ), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) das plantas de milho cultivada após culturas agrícolas, doses de nitrogênio e aplicação de inoculante. UFSM, Santa Maria, 2014.....46
- Tabela 2. Média da interação tripla das diferentes culturas/cultivares com ou sem a aplicação da inoculação e com doses de nitrogênio (0 e 177,18) para a variável matéria seca da silagem (MSS, %). UFSM, Santa Maria, 2014.....51
- Tabela 3. Média da interação dupla das diferentes culturas/cultivares com doses de nitrogênio (0 e 177,18) para a variável matéria seca (PB, %). UFSM, Santa Maria, 2014.....57

| | |
|--|----|
| Tabela 4. Média das diferentes culturas/cultivares para a variável fibra em detergente neutro (FDN,%). UFSM, Santa Maria, 2014..... | 57 |
| Tabela 5. Média das diferentes culturas/cultivares e inoculadas ou não para os diferentes caracteres agrônômicos altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (IE), diâmetro de colmo (DC), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGF), produtividade de grãos (PG). UFSM, Santa Maria, 2014..... | 64 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV), cultura/cultivares (CVS), dose de nitrogênio (DN), inoculação (INO), época (E) e interações, graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), nível mínimo significativo ($PR>F$), para as variáveis massa seca (MS, kg ha^{-1}), porcentagem de nitrogênio (N, %), nitrogênio (N, kg ha^{-1}), porcentagem de fósforo (P, %), fósforo (P, kg ha^{-1}), porcentagem de potássio (K, %), potássio (K, kg ha^{-1}), porcentagem de cálcio (Ca, %), cálcio (Ca, kg ha^{-1}), porcentagem de magnésio (Mg, %), magnésio (Mg, kg ha^{-1}). UFSM, Santa Maria, 2014..... | 77 |
| Tabela 2. Equação e coeficientes de determinação para a interação entre os quatro fatores analisados (cultura/cultivar x dose de N x inoculação x época) para a variável magnésio (Mg, kg ha^{-1}). UFSM, Santa Maria, 2014..... | 79 |
| Tabela 3. Equação e coeficientes de determinação para a interação entre os quatro fatores analisados (cultura/cultivar x dose de N x inoculação x época) para a variável porcentagem de magnésio (Mg, %). UFSM, Santa Maria, 2014..... | 80 |
| Tabela 4. Equação e coeficientes de determinação para a interação tripla entre (cultura/cultivar x inoculação x dose de N) para as variáveis, massa seca (MS, kg ha^{-1}), porcentagem de nitrogênio (N, %). UFSM, Santa Maria, 2014..... | 82 |
| Tabela 5. Equação e coeficientes de determinação para a interação tripla entre (cultura/cultivar x inoculação x dose de N) para as variáveis, porcentagem de fósforo (P, %), fósforo (P, kg ha^{-1}). UFSM, Santa Maria, 2014..... | 83 |
| Tabela 6. Equação e coeficientes de determinação para a interação dupla (dose de N x época e cultura/cultivar x dose de N) para as variáveis, porcentagem de cálcio (Ca, %), cálcio (Ca, kg ha^{-1}), nitrogênio (N, kg ha^{-1}) e porcentagem de potássio (K, %). UFSM, Santa Maria, 2014..... | 85 |
| Tabela 7. Equação e coeficientes de determinação para a época das variáveis massa seca (MS, kg ha^{-1}), porcentagem de nitrogênio (N, %), nitrogênio (N, kg ha^{-1}), porcentagem de fósforo (P, %), fósforo (P, kg ha^{-1}), porcentagem de potássio (K, %). UFSM, Santa Maria, 2014..... | 86 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Figura 1. Variação da massa de cem grãos (MCG), para as diferentes culturas e cultivares em resposta as diferentes doses de nitrogênio..... | 48 |
| Figura 2. Variação do número de espigas (NE*1000), para as diferentes culturas e cultivares em resposta as diferentes doses de nitrogênio..... | 49 |
| Figura 3. Variação do número de grãos total (NGT), para as diferentes culturas e cultivares em resposta as diferentes doses de nitrogênio..... | 50 |
| Figura 4. Efeito das doses de nitrogênio sobre a altura de plantas (AP) (Losango) e altura de inserção de espigas (IE) (Quadrado)..... | 53 |
| Figura 5. Efeito das doses de nitrogênio sobre o diâmetro de colmo (DC) (Losango) e diâmetro de espiga (DE) (Quadrado)..... | 54 |
| Figura 6. Efeito das doses de nitrogênio sobre o número de fileiras por espiga (NF) (Losango) e o número de grãos por fileira (NGF) (Quadrado)..... | 55 |
| Figura 7. Efeito das doses de nitrogênio sobre o comprimento de espigas (CE) (Losango)..... | 56 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUÇÃO..... | 13 |
| REFERÊNCIAS..... | 15 |
| | |
| CAPÍTULO I - EFEITO DA INOCULAÇÃO COM <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> E TRATAMENTO DE SEMENTES NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE QUATRO CULTIVARES DE TRIGO..... | 17 |
| Resumo..... | 17 |
| Abstract..... | 17 |
| Introdução..... | 18 |
| Material e métodos..... | 21 |
| Resultados e discussão..... | 23 |
| Conclusão..... | 32 |
| Referências bibliográficas..... | 32 |
| | |
| CAPÍTULO II - INOCULAÇÃO, RESÍDUOS DE PALHADA E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E QUALIDADE DE SILAGEM DE MILHO..... | 37 |
| Resumo..... | 37 |
| Abstract..... | 37 |
| Introdução..... | 38 |
| Material e métodos..... | 41 |
| Resultados e discussão..... | 44 |
| Conclusão..... | 64 |
| Referências bibliográficas..... | 64 |
| | |
| CAPÍTULO III - DECOMPOSIÇÃO DE DIFERENTES RESÍDUOS CULTURAIS EM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E APLICAÇÃO DE <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i>..... | 72 |
| Resumo..... | 72 |
| Abstract..... | 72 |
| Introdução..... | 72 |
| Material e métodos..... | 74 |
| Resultados e discussão..... | 76 |
| Conclusão..... | 86 |
| Referências bibliográficas..... | 86 |
| | |
| Considerações Finais..... | 88 |
| Anexo 1 – Balanço hídrico..... | 89 |

INTRODUÇÃO

A cultura do milho é um dos principais cereais cultivados em diferentes partes do mundo, possui alto valor nutritivo e é amplamente utilizado na alimentação humana e animal, possuindo um papel importante na economia nacional e internacional (PATERNIANI; CAMPOS, 1999). A utilização do milho está diretamente ligada a alimentação humana na forma in-natura ou como subprodutos advindo do grão, como óleo, farinha e derivados. Já na alimentação animal é utilizado como principal produto na formulação de rações utilizando basicamente os grãos e subprodutos da industrialização do grão do milho.

A planta de milho possui alta produção de matéria seca, e alta qualidade tanto dos grãos quanto do restante da planta. O milho também possui elevada relação carbono nitrogênio (C/N) sendo assim uma cultura importante para o sucesso do plantio direto (FERREIRA et al., 2009). Para obter uma alta produtividade é necessário que o milho tenha completamente satisfeitas suas exigências nutricionais, para que isso ocorra a cultura realiza uma grande extração de nutrientes do solo, principalmente de nitrogênio, que é necessário em maior quantidade e também possui recomendações de adubação e manejo mais complexos (SILVA et al., 2005). Quando a quantidade de N extraído e exportado pelo milho é conhecida, fica facilitada a tomada de decisão sobre o manejo da adubação nitrogenada, garantindo assim incremento de produtividade, menor risco ambiental e diminuição do custo de produção.

Na semeadura, FANCELLI & DOURADO NETO (2000) recomendam a utilização de 25 a 45 kg/ha de nitrogênio, 50 kg/ha de potássio, e 100 kg/ha de fosfato. Em cobertura recomendam de 40 a 140 kg/ha de nitrogênio, havendo resposta em relação à produção de grãos em doses superiores de 200 kg e 300 kg de N obtidos por RAMBO et al. (2008). O nitrogênio é o macronutriente que está associado ao crescimento vegetativo, participante ativo na fotossíntese, aumenta a porcentagem total de proteínas, aumenta a massa da espiga, matéria seca de planta e a porcentagem de óleo, conseqüentemente aumenta a produtividade

(FANCELLI & DOURADO NETO, 2000; CANTARELLA et al., 2005; RAMBO et al., 2008).

O sistema de plantio direto quando manejado de forma adequada, consiste no acúmulo significativo de resíduos culturais na superfície do solo (ESCOSTEGUY et al., 2005), permitindo diminuir as perdas por erosão e também melhorando a qualidade do solo devido ao incremento na quantidade de matéria orgânica.

A região Sul do Brasil possui temperatura e umidade que auxiliam na rápida decomposição de resíduos vegetais, aumentando a liberação de nutrientes provenientes da cultura antecedente para a principal. Dessa forma, a escolha de uma cultura deve ser baseada na porcentagem de cobertura do solo que a mesma oferece durante o desenvolvimento, o período em que esta permanece sobre o solo e a capacidade de reciclar nutrientes (CRUSCIOL et al., 2008).

Os resíduos culturais mantidos na superfície do solo são importantes reservas de nutrientes, podendo apresentar disponibilização rápida ou lenta, influenciadas principalmente pelos fatores climáticos como precipitação e temperatura que proporcionam um local adequado às bactérias decompositoras, facilitando sua proliferação (ROSOLEM et al., 2003; BOER et al., 2007). Diversas espécies podem ser usadas como plantas de cobertura, mas para que a ciclagem ocorra de forma eficiente, é necessária uma sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo e a demanda da cultura em sucessão (BRAZ et al., 2004).

Devido a facilidade de manejo no período de inverno as gramíneas vem sendo mais utilizadas pelos produtores como planta de cobertura, no entanto, essas plantas são ineficientes na fixação biológica de nitrogênio, nutriente de maior exigência pelas plantas. Para diminuir os custos com fertilizantes, vem sendo estudado o uso de *Azospirillum* em associação com gramíneas. O *Azospirillum* é uma bactéria promotora de crescimento de plantas, que desempenha varias funções no desenvolvimento das plantas, uma de suas

características é a capacidade de colonizar a superfície das raízes e assim promover a fixação biológica de nitrogênio. Alguns pesquisadores apresentaram que a utilização da inoculação com *Azospirillum*, aumentou entre 24 e 30% a produtividade de milho quando comparado ao controle não inoculado, em trigo houve o aumento de 13 a 18% na produtividade (HUNGRIA, 2011).

Objetivou-se com esse trabalho verificar a influência da inoculação, manejo do nitrogênio e a taxa de decomposição de resíduos de cereais de inverno, sobre as produtividades de grãos e qualidade de silagem de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n9/08.pdf>>. Acesso em 12 de set. 2013.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.2, p.83-87, 2004. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/2315>>. Acesso em 12 de set. 2013.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P.; ANDRADE, C. A. Manejo do nitrogênio e da matéria orgânica em milho no sistema plantio direto. In: FANCELLI, Antonio Luiz; DOURADO NETO, Durval. Milho tecnologia e Produção. Piracicaba : ESALQ, 2005.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Revista Bragantia**, v.67, n.2, p.481-489, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n2/a24v67n2.pdf>>. Acesso em 12 de set. 2013.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; HENKIN, D.; CALDEIRA, M. H.; PIMENTEL, J.; ARNS, A. P. Resíduos culturais e resultado de análise de solo coletado com diferentes amostradores no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.69-75, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n1/a11v35n1.pdf>>. Acesso em 13 de set. 2013.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; BRIEDIS, C.; FIGUEIREDO, A. G. Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de

nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.173-179, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n2/v44n02a09.pdf>>. Acesso em: 13 de set. 2013.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum Brasiliense*: inovação em rendimento e baixo custo. Embrapa soja, 2011. 36p. – (Documentos / Embrapa soja, ISSN 1516-781X; n.325).

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; DELATORRE, C. A.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.43, n.3, p.401-409, mar. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n3/a16v43n3.pdf>>. Acesso em: 13 de set. 2013.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbcs/v27n2/16236.pdf>>. Acesso em: 14 de set. 2013.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000300005>. Acesso em: 14 de set. 2013.

CAPÍTULO I - EFEITO DA INOCULAÇÃO COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* E TRATAMENTO DE SEMENTES NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE QUATRO CULTIVARES DE TRIGO

Resumo - Os Fitormônios produzidos pelas bactérias do gênero *Azospirillum* são capazes de promover o crescimento e o desenvolvimento das plantas, no entanto a ação dessas bactérias pode sofrer influência do tratamento de sementes e da cultivar utilizada. Com isso objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento e o estabelecimento inicial de cultivares de trigo submetido a tratamento de sementes (fungicida e inseticida) e inoculação com bactérias de *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em um trifatorial em quatro repetições. Os fatores analisados foram quatro cultivares de trigo (TEC 10, TEC Frontale, BRS 327 e TBIO Pioneiro), inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* (com ou sem inoculação) e tratamento de sementes com fungicida e inseticida (com ou sem tratamento). Foram realizados os seguintes testes: vigor, germinação, comprimento de raiz, parte aérea e total e massa seca de raiz, parte aérea e total. Para a variável emergência em canteiro o delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, com os mesmos tratamentos citados anteriormente. A aplicação de *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes em geral promove melhoria na qualidade fisiológica, dependendo da cultivar de trigo utilizada.

Palavras chaves – *Triticum aestivum* L., fungicida, inseticida, bactérias diazotróficas

CHAPTER I – EFFECT OF INOCULATION WITH *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* AND SEED TREATMENT ON INITIAL DEVELOPMENT OF FOUR VARIETIES OF WHEAT

Abstract -The phytohormones produced by bacteria of the genus *Azospirillum* are capable of promoting the growth and development of plants, however the action of these bacteria can be influenced by seed treatment and cultivar. Thus the objective of this study was to evaluate the initial establishment and development of wheat cultivars subjected to seed treatment (fungicide and insecticide) and inoculation with bacteria *Azospirillum brasilense*. The experiment was conducted at the Laboratory Didactic and Research in the Department of Crop Seeds, Federal University of Santa Maria (UFSM). A completely randomized design was used with treatments arranged in a factorial with four replications. The factors analyzed were four cultivars of wheat (TEC 10, TEC Frontale, BRS 327 and Pioneer TBIO), inoculation with bacteria of the genus *Azospirillum brasilense* (with or without inoculation) and seed treatment fungicides and insecticides (with or without treatment). Vigor, germination, root length, shoot and total dry mass and root, shoot and total The following tests were performed. For emergency variable in the construction design was a randomized block with four replications, with the same treatments mentioned above. The application of

Azospirillum brasilense as a seed treatment promotes overall improvement in the physiological quality, depending on the cultivar of wheat used.

Keywords - *Triticum aestivum* L., fungicide, insecticide, diazotrophs

INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma cultura que possui elevada importância no sistema de produção agrícola, sendo o segundo cereal mais cultivado mundialmente (MAPA, 2011), principalmente pelas características nutricionais interessantes para a alimentação humana. No Brasil é cultivado, geralmente, em áreas de clima subtropical como os estados do Sul do país, no entanto, a instabilidade edafoclimática causa prejuízos a produção brasileira, tornando o Brasil um dos maiores importadores desse cereal (SOUZA et al., 2013). Para alcançar altas produtividades, é necessário o uso de alguns recursos, um destes é a nutrição das plantas, de forma a suprir suas necessidades. A adubação nitrogenada está entre os insumos mais utilizados e contribuindo significativamente para o aumento do custo de produção.

A utilização do nitrogênio (N) é indispensável, pois constitui o macroelemento mais limitante na produtividade do trigo por determinar o número de afixos e também por ser essencial na fase de formação dos nós e no início do alongamento do colmo (MANNA et al., 2013). É um dos elementos necessários em maior quantidade para o funcionamento adequado das plantas, pois faz parte, por exemplo, de nucleosídeos de fosfato e aminoácidos, que compõe a estrutura dos ácidos nucléicos e das proteínas (TAIZ & ZEIGER, 2012 e KUSANO et al., 2011).

O desenvolvimento de novas tecnologias conta com inúmeras alternativas que buscam aprimorar os sistemas agrícolas tradicionais que se baseiam no uso massivo de fertilizantes e agrotóxicos em busca de maior produção e qualidade de produtos. O desenvolvimento e a

adoção destas tecnologias visam aumentar a produção de alimentos sem que se aumentem os custos de produção, de maneira a ser viável economicamente e sustentável do ponto de vista ambiental ou ainda com reduções nos custos de produção (MOORE & MANRING, 2009).

Uma alternativa para aumentar a produção de forma sustentável é a utilização dos recursos biológicos do solo, como as bactérias promotoras do crescimento vegetal, que fixam N para a planta e produzem hormônios de crescimento, como auxínas e giberelinas, estimulando o desenvolvimento do vegetal (DOBBELAERE & CROONENBORGHES, 2002 e MOUTIA et al., 2010).

O nitrogênio fornecido pelo processo de fixação biológica é menos propenso a lixiviação e volatilização já que ele é utilizado *in situ*, sendo assim, o processo biológico é uma alternativa de baixo custo (custo da adubação mineral x custo da inoculação) e sustentável para o fornecimento de N na agricultura comercial (HUERGO, 2006).

A fixação biológica de nitrogênio, nada mais é que a conversão de N gasoso (N₂) em outras formas químicas nitrogenadas promovidas por alguns organismos, que empregam o N fixado na biossíntese de proteínas e ácidos nucleicos (NUNES et al., 2003). Para isso, existem rizobactérias, consideradas promotoras do crescimento de plantas, que proporcionam diversos benefícios devido às alterações que podem causar no metabolismo das mesmas (BURDMAN et al., 2000). Dentre estes benefícios cita-se a fixação biológica de nitrogênio, que ocorre pela associação com algumas bactérias diazotróficas como as do gênero *Azospirillum*.

A inoculação com a bactéria *Azospirillum spp.* tem sido alternativa para aumentar a produção de grãos como o trigo e o milho em até 30%, quando associado ao fornecimento de nitrogênio e ainda maiores em condições controladas (BASHAN & HOLGUIN, 1997). No entanto, pode haver interação de forma positiva ou negativa da bactéria com cada cultivar, tipo de solo e tratamento fitossanitário das sementes (HOLGUIN et al., 1999).

O trigo é um cereal susceptível ao ataque de doenças durante o seu cultivo sendo algumas delas, principalmente as causadas por fungos, veiculadas pelas sementes (mal-do-pé, oídios, giberela, entre outras) (DANELLI et al., 2012). Assim, para evitar ou diminuir a incidência do aparecimento destas doenças, o tratamento de sementes com fungicidas se tornou uma prática comum nos cultivos agrícolas (VANIN et al., 2011). Dentre os vários fungicidas existentes para tratamento de sementes tem-se a molécula triadimenol, do grupo dos triazóis, a qual proporciona resultados satisfatórios na sanidade de plantas de trigo, principalmente com relação à oídios, ferrugem das folhas e incidência de *Fusarium graminearum* (GARCIA JUNIOR et al., 2008 e REIS et al., 2008). Apesar dos benefícios obtidos pela proteção das plantas contra doenças por meio do tratamento de sementes com triadimenol, existem relatos de que esta substância pode prejudicar o desenvolvimento inicial de plântulas de trigo, principalmente com relação ao comprimento de hipocótilo e parte aérea (GARCIA JÚNIOR et al., 2008).

As pragas presentes no solo podem causar falhas na lavoura, pois se alimentam das reservas das sementes, raízes e parte aérea das plantas (BAUDET & PESKE, 2007). Para a maioria dessas pragas, a utilização do tratamento de sementes com inseticida faz a proteção das sementes e também das plântulas mantendo suas reservas e dessa forma reduzindo os danos primários causados por elas (BALARDIN et al., 2011). Resultados de pesquisa têm mostrado que alguns inseticidas quando aplicados nas sementes de determinadas culturas, podem reduzir a germinação e a sobrevivência das plântulas (SILVEIRA et al., 2001 e FESSEL et al., 2003). Essa redução no potencial fisiológico de sementes tratadas com inseticidas pode ser associada à formação de radicais livres, que ocorre em resposta ao estresse exógeno produzidos por inseticidas (SOARES & MACHADO, 2007).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento e estabelecimento inicial de cultivares de trigo submetido ao tratamento de sementes e inoculação com bactérias de *Azospirillum brasilense*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em fatorial (4 cultivares x 2 tratamentos de sementes x 2 inoculação), com quatro repetições. As quatro cultivares de trigo foram proveniente da safra 2012/2013 (TEC 10, TEC Frontale, BRS 327 e TBIO Pioneiro), inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* (com ou sem inoculação) e ao tratamento de sementes com fungicida e inseticida (com ou sem tratamento).

Cada cultivar foi submetida a quatro tratamentos: T1- Testemunha (TEST) onde foi utilizada apenas sementes sem nenhum tratamento, T2- com aplicação de inoculante (INO), T3- aplicação do tratamento de sementes (TS) e T4- aplicação de inoculante + aplicação do tratamento de sementes (INO+TS). Os ingredientes ativos utilizados para o tratamento de sementes foram IMIDACLOPRIDO 150 g/L + TIODICARBE 450 g/L (Crosptar[®]) e TRIADIMENOL 150g/L (Baytan[®]), ambos na dose de 300 ml para 100 kg de sementes. Também foi utilizado o inoculante contendo bactérias de *Azospirillum brasilense*, estirpes AbV5 e AbV6 na concentração de $2,0 \times 10^8$ Ufc/ml (AZOTOTAL[®]), na dose de 100ml para 25kg de sementes.

A aplicação dos tratamentos foi realizada com auxílio de sacos plásticos a fim de distribuir uniformemente o produto em todas as sementes. Primeiramente foi realizada a

aplicação do tratamento de sementes uma semana antes da implantação do experimento, e no dia da implantação foi realizada a inoculação com as bactérias.

Após a aplicação dos tratamentos, as sementes foram submetidas aos testes e determinações, a seguir descritos, para verificar o efeito do inoculante e demais produtos na germinação e no desempenho inicial de plântulas.

Foram realizados os seguintes testes de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009): plantas vigorosas, germinação, plantas anormais, plantas mortas, comprimento de raiz, comprimento de parte aérea e total, massa seca de raiz, massa seca de parte aérea e total e também foi avaliada a emergência em canteiro.

Para os testes de vigor e germinação as unidades experimentais foram constituídas por 50 sementes distribuídas equidistantes em três folhas de papel germiteste umedecidos com água destilada a 2,5 vezes a massa do papel seco e então foram acondicionadas em germinador tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.) regulado a temperatura de 25°C e fotoperíodo constante. O teste de vigor foi realizado no quarto dia após a semeadura, e a germinação foi realizada somando o número de plantas germinadas no quarto e sétimo dia após a semeadura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. Conjuntamente com o teste de germinação foi realizada a porcentagem de plântulas mortas e anormais.

Os tratamentos foram instalados em canteiro preenchidos com solo, simulando uma situação real de campo, o delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo que a unidade experimental foi formada por uma fileira de um metro linear com espaçamento entre fileiras de 15 centímetros, em cada fileira foram semeadas 50 sementes.

Para o teste de comprimento de raiz, parte aérea e comprimento total das plântulas a unidade experimental foi formada por vinte sementes distribuídas de forma equidistante sobre

papel germiteste umedecido com 2,5 vezes a massa do papel seco, e então enrolados e acondicionadas em germinador tipo B.O.D. regulado a temperatura de 25°C e fotoperíodo constante. Destas, foram utilizadas para a medição quinze plântulas normais retiradas aleatoriamente para obter então a média de cada tratamento, para esse teste foi utilizado quatro repetições. A avaliação do comprimento das plântulas (raiz, parte aérea e total) foi realizada no sétimo dia após a semeadura, onde foram medidas 15 plântulas com o auxílio de uma régua milimétrica, sendo os resultados expressos com base na média dessas 15 plântulas, em centímetros (BRASIL, 2009).

A fitomassa seca de plântulas foi determinada a partir das raízes e epicótilos selecionados para o teste de comprimento de plântulas, os quais, logo após esta determinação, foram colocados em sacos de papel e mantidos em estufa regulada a 60°C por 48 horas. Após serem retirados da estufa foram colocados em dessecador, por quinze minutos para a estabilização da massa, e então determinou-se a fitomassa em balança analítica de precisão.

As variáveis foram submetidas a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade de erro, utilizando o software estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o resumo da análise de variância (Tabela 1) observa-se que houve efeito significativo das cultivares para todas as variáveis analisadas. Para a inoculação houve efeito significativo apenas para a massa seca de raiz e para a emergência em canteiro. Já o tratamento de sementes também proporcionou efeito significativo para as variáveis porcentagem de plantas vigorosas, germinação total, porcentagem de plantas anormais e mortas, comprimento da parte aérea e raiz da plântula, comprimento total da plântula, massa seca da parte aérea e raiz.

Houve interação tripla para os tratamentos aplicados sendo significativa para as variáveis porcentagem de plantas vigorosas, comprimento da parte aérea e raiz da plântula, comprimento total da plântula, massa seca da raiz. A interação dupla foi significativa entre as cultivares de trigo utilizadas e a inoculação para as variáveis porcentagem de plantas vigorosas, germinação total, porcentagem de plantas mortas, comprimento da parte aérea da plântula, massa seca da raiz. Para a interação entre as cultivares e os tratamentos de sementes houve significância para as variáveis porcentagem de plantas vigorosas, comprimento da parte aérea e raiz da plântula, comprimento total da plântula, massa seca da parte aérea e raiz. A interação entre a inoculação e os tratamentos de sementes foi significativa apenas para a massa seca de raiz.

Para a variável porcentagem de plantas vigorosas (Tabela 2) a cultivar TBio Pioneiro foi a que apresentou as maiores médias para todas as associações de tratamentos, ou seja, independente dos tratamentos testados, ela é a cultivar que possui maior destaque entre as demais. A cultivar TEC Frontale também apresentou as maiores médias sendo que apenas para a interação entre a não utilização do inoculante associado ao uso do tratamento de sementes a média foi menor. Essa variação no vigor das diferentes cultivares pode estar relacionada a qualidade genética e com o tamanho das sementes, pois sementes de menor tamanho e conseqüentemente com massa de mil sementes menor podem apresentar qualidade fisiológica inferior (BARBIERI et al., 2013).

Tabela 1. Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV), bloco, cultivares (CVS), inoculação (INO), tratamento de sementes (TS) e interações, graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), nível mínimo significativo (PR>F), para as variáveis plantas vigorosas (VG, %), germinação (G, %), plantas anormais (ANO, %), plantas mortas (MO, %), comprimento da parte aérea da plântula (PA, cm), comprimento da raiz da plântula (RA, cm), comprimento total da plântula (CT, cm), massa seca da parte aérea (MSPA, g), massa seca da raiz (MSRA, g) e emergência de plantas no canteiro (EC, %). UFSM, Santa Maria, 2014.

| FV | gl | QM | PR > F | QM | PR > F | QM | PR > F | QM | PR > F | QM | PR > F |
|---------|----|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | VG | G | ANO | MO | PA | | | | | |
| Bloco | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| (CVS) A | 3 | 2888,833 | 0,00 | 966,833 | 0,00 | 374,729 | 0,00 | 140,229 | 0,00 | 5,202 | 0,00 |
| (INO) C | 1 | 25,000 | 0,55 | 9,000 | 0,58 | 7,563 | 0,46 | 33,063 | 0,21 | 0,137 | 0,49 |
| (TS) D | 1 | 18632,250 | 0,00 | 930,250 | 0,00 | 60,063 | 0,04 | 517,563 | 0,00 | 215,796 | 0,00 |
| A*C | 3 | 292,167 | 0,01 | 106,167 | 0,02 | 8,063 | 0,62 | 74,396 | 0,02 | 0,903 | 0,03 |
| A*D | 3 | 455,083 | 0,00 | 33,750 | 0,34 | 16,229 | 0,32 | 14,229 | 0,56 | 1,548 | 0,00 |
| C*D | 1 | 156,250 | 0,14 | 2,250 | 0,78 | 10,563 | 0,38 | 3,063 | 0,70 | 0,008 | 0,87 |
| A*C*D | 3 | 212,083 | 0,03 | 37,417 | 0,30 | 14,063 | 0,38 | 7,729 | 0,77 | 3,960 | 0,00 |
| Média | | 45,25 | | 84,00 | | 5,65 | | 10,34 | | 8,09 | |
| CV | | 18,35 | | 6,47 | | 64,90 | | 43,88 | | 6,62 | |
| FV | gl | RA | CT | MSPA | MSRA | EC | | | | | |
| Bloco | 3 | - | - | - | - | - | | | | | |
| (CVS) A | 3 | 6,483 | 0,00 | 9,220 | 0,00 | 0,001 | | | | | |
| (INO) C | 1 | 0,735 | 0,28 | 0,238 | 0,60 | < 0,001 | | | | | |
| (TS) D | 1 | 153,760 | 0,00 | 733,868 | 0,00 | 0,002 | | | | | |
| A*C | 3 | 0,973 | 0,21 | 2,129 | 0,07 | < 0,001 | | | | | |
| A*D | 3 | 6,085 | 0,00 | 8,706 | 0,00 | < 0,001 | | | | | |
| C*D | 1 | 1,375 | 0,15 | 1,594 | 0,18 | < 0,001 | | | | | |
| A*C*D | 3 | 1,760 | 0,05 | 10,359 | 0,00 | < 0,001 | | | | | |
| Média | | 9,73 | | 17,82 | | 0,06 | | | | | |
| CV | | 8,12 | | 5,18 | | 12,93 | | | | | |

A aplicação do inoculante com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* na variável vigor de sementes, apresentou interação com as cultivares (TEC 10, BRS 327 e TEC Frontale) e com os tratamento de sementes. Segundo ARAÚJO et al. (2010) analisando a germinação e vigor de sementes de arroz inoculadas com bactérias diazotróficas, não foi observado diferença significativa no vigor das sementes. Possivelmente, nesse trabalho pelo teste ser realizado no quarto dia após a semeadura as bactérias ainda não foram capazes de expressar seu potencial.

Na interação tripla em que foi aplicado o tratamento de sementes ocorreu diminuição significativa do vigor das mesmas. Essa diminuição do vigor em sementes tratadas pode ser associado a formação de radicais livres, que se formam em resposta ao estresse exógeno produzidos por inseticidas do grupo dos carbamatos e organofosforados (SOARES & MACHADO, 2007). Esses radicais livres proporcionam a modificação oxidativa de proteínas, lesões no DNA e peroxidação de lipídeos de membranas, o que pode afetar o desenvolvimento inicial das plantas (DAN et al., 2012). Essas alterações causadas pela fitointoxicação fazem com que a germinação seja mais lenta (DAN et al., 2010).

O comprimento da parte aérea (Tabela 2) apresentou interação tripla entre os tratamentos utilizados, sendo que para cada cultivar analisada as médias foram significativamente distintas principalmente quando utilizada a inoculação e o tratamento de sementes, demonstrando que existe variabilidade genética entre os cultivares analisados. Observa-se que em geral, quando tem-se a presença do tratamento de sementes a inoculação possui efeitos positivos sobre o comprimento da parte aérea, já quando não utilizado o tratamento de sementes a presença do inoculante refletiu em uma pequena diminuição nos valores médios, isso demonstra que em situações de estresse a inoculação auxilia no aumento do comprimento da parte aérea. No entanto, esse aumento varia entre as cultivares, ou seja, a inoculação aumenta o comprimento da parte aérea de forma quantitativamente diferente entre as cultivares, esses resultados corroboram com os encontrados por BIANCHET et al. (2013) que também observou diferença na resposta do uso de bactérias diazotróficas associativas para diferentes genótipos da planta.

O comprimento da parte aérea quando utilizado o tratamento de sementes apresentou uma diminuição significativa nos valores médios, isso ocorre devido ao efeito fitotóxico dos produtos utilizados como tratamento, esse comportamento foi apresentado por todas as

cultivares testadas, no entanto o uso da inoculação faz com que esse efeito fitotóxico seja diminuído (Tabela 2).

A variável comprimento de raiz (Tabela 2) apresentou diferença significativa entre as cultivares apenas na ausência do tratamento de sementes, onde as médias foram significativamente maiores para todas as cultivares. Assim como as médias quando aplicada a inoculação também apresentou efeito apenas na ausência do tratamento de sementes. discutir

Já para o comprimento total de plantas apenas a cultivar TBio Pioneiro não obteve alteração significativa entre os tratamentos testados, já as demais cultivares apresentaram comportamento diferenciado para os diferentes tratamentos testados. As médias dentro de cada cultivar demonstram que quando não utilizado o tratamento de sementes os valores foram maiores para todas as cultivares, esses resultados também foram observados por RAMPIM et al. (2012) e por GARCIA JUNIOR et al. (2008) que constataram que tratamentos contendo fungicida do grupo dos triazóis apresentam diminuição no valor dessas variáveis. Esses resultados indicam que fungicidas do grupo dos triazóis podem causar efeito fitotóxico à plântula de trigo (GARCIA JUNIOR et al., 2008).

Quanto à interação para o efeito da inoculação no comprimento total das plantas o comportamento foi diferenciado para cada cultivar analisada, isso ocorre pelo fato da colonização das raízes estarem associada à utilização de exsudatos da planta e a quantidade e composição destes é determinado por fatores genéticos, ou seja, cada cultivar possui composição e quantidade de exsudatos distintos alterando a colonização das raízes pelas bactérias diazotróficas (RENGEL, 2002 e RANGEL-CASTRO et al., 2005).

A interação tripla para a variável massa seca de raiz apresentou as maiores médias para todos os tratamento utilizados para a cultivar TBio Pioneiro. Já quando utilizada a inoculação com o tratamento de sementes houve variação entre as cultivares, sendo que a cultivar TBio Pioneiro apresentou a maior média sendo assim a mais responsiva a inoculação

para essa variável, essa resposta diferenciada das cultivares a inoculação também foi observada por FERREIRA et al. (2010). Essa resposta diferenciada das cultivares a inoculação ocorre devido a quantidade e composição dos exsudatos produzidos pelas plantas que é um dos fatores determinantes para a associação das bactérias.

Tabela 2. Média da interação tripla das diferentes cultivares de trigo com ou sem a aplicação da inoculação e com e sem a aplicação do tratamento de sementes para as variáveis plantas vigorosas (VG, %), comprimento da parte aérea da plântula (PA, cm), comprimento da raiz da plântula (RA, cm), comprimento total da plântula (CT, cm) e massa seca da raiz (MSRA, g). UFSM, Santa Maria, 2014.

| INO | TS | Cultivares | | | |
|----------------|-----|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | TEC 10 | BRS 327 | TBio Pioneiro | TEC Frontale |
| -----VG----- | | | | | |
| Com | Com | a 14,00 b B* | a 12,50 b B** | a 52,00 b A | a 43,00 b A |
| Com | Sem | b 63,00 a A | a 49,00 a B | a 72,50 a A | a 61,00 a A |
| Sem | Com | a 24,50 b B | a 12,50 b C | a 41,00 b A | b 26,00 b B |
| Sem | Sem | a 75,50 a A | b 37,00 a B | a 75,00 a A | a 65,50 a A |
| -----PA----- | | | | | |
| Com | Com | a 5,05 b D | a 7,64 b A | a 6,52 b B | a 6,03 b C |
| Com | Sem | a 9,71 a B | b 9,08 a B | a 10,21 a A | a 10,83 a A |
| Sem | Com | a 5,77 b B | b 6,83 b A | a 6,19 b B | a 5,98 b B |
| Sem | Sem | b 8,65 a C | a 10,96 a A | a 10,30 a A | b 9,64 a B |
| -----RA----- | | | | | |
| Com | Com | a 7,71 b A | a 8,23 b A | a 8,89 b A | a 8,05 b A |
| Com | Sem | a 12,50 a A | b 9,59 a B | b 11,82 a A | a 10,19 a B |
| Sem | Com | a 7,50 b A | a 7,85 b A | a 8,47 b A | a 8,74 b A |
| Sem | Sem | a 11,65 a B | a 10,94 a B | a 13,14 a A | a 10,41 a B |
| -----CT----- | | | | | |
| Com | Com | a 12,76 b B | a 15,88 b A | a 15,41 b A | a 14,08 b B |
| Com | Sem | a 22,21 a A | b 18,68 a B | b 22,04 a A | a 21,03 a A |
| Sem | Com | a 13,28 b B | a 14,69 b A | a 14,66 b A | a 14,73 b A |
| Sem | Sem | b 20,30 a C | a 21,91 a B | a 23,44 a A | a 20,05 a C |
| -----MSRA----- | | | | | |
| Com | Com | a 0,044 a C | a 0,071 a B | a 0,106 a A | a 0,054 a C |
| Com | Sem | a 0,053 a A | a 0,056 a A | a 0,055 b A | a 0,057 a A |
| Sem | Com | a 0,051 a A | a 0,062 a A | b 0,059 a A | a 0,053 a A |
| Sem | Sem | a 0,053 a A | a 0,055 a A | a 0,062 a A | a 0,048 a A |

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

**Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das cultivares dentro dos tratamentos da inoculação e tratamento de sementes. Letras minúsculas em negrito apresentadas na coluna antes do valor das médias representam a interação da inoculação dentro dos tratamentos de sementes e cultivares analisadas. Letras minúsculas apresentadas na coluna após o valor das médias representam a interação do tratamento de sementes dentro dos tratamentos da inoculação e cultivares analisadas.

Quanto ao tratamento de sementes para a variável massa seca de raiz a interação tripla apresentou diferença apenas para a cultivar TBio Pioneiro sendo que sem tratamento de sementes e com inoculação a média da interação foi significativamente menor.

Na tabela 3 está apresentada à interação dupla das diferentes cultivares com a inoculação, e também das diferentes cultivares com o tratamento de sementes. A interação significativa entre as cultivares e a utilização da inoculação demonstra que as características genéticas da cultivar influência no resultado da inoculação, sendo que cada variável apresenta comportamento diferenciado, esses resultados condizem com os encontrados por GYANESHWAR et al. (2002). Isso ocorre devido a associação das bactérias ser influenciada pela quantidade e também pela composição dos exsudados produzidos pelas plantas, sendo estas características expressadas pela genética das mesmas (RENGEL, 2002).

A interação dupla entre as cultivares e a inoculação foi significativa para a germinação total (GT) (Tabela 3), sendo que o fator inoculação dentro de cada cultivar apresentou diferença significativa apenas para a cultivar TEC 10, onde o uso da inoculação diminuiu de 90,50% para 84,75% a germinação. Já para as cultivares dentro de cada tratamento houve diferença significativa entre elas, demonstrando que as mesmas possuem variabilidade e também que apresentam comportamento diferenciado quando aplicada a inoculação com as bactérias diazotróficas, dessa forma, evidenciando que as características genéticas das plantas afeta a associação das bactérias, conforme os resultados observados por BERGAMASCHI et al. (2007) .

A interação entre as cultivares e a inoculação para a variável porcentagem de sementes mortas foi significativa para a inoculação dentro de cada cultivar apenas para a TBio Pioneiro e para a TEC Frontale, onde a presença da inoculação diminuiu a porcentagem de sementes mortas, isso ocorre devido a associação das bactérias diazotróficas com as gramíneas promover o biocontrole de patógenos como foi constatado por HAN et al. (2005) e ARAÚJO

et al. (2010). Já quando comparando todas as cultivares dentro do tratamento com inoculação podemos observar que a diminuição de sementes mortas não ocorre para todas as cultivares, no entanto não apresentou diferença significativa. Isso reforça o fato de que a associação das bactérias possui variação entre as cultivares, devido aos seus exsudatos.

A interação entre as diferentes cultivares e o tratamento de sementes foi significativa para a variável massa seca de parte aérea, sendo que quando utilizado o tratamento de sementes ocorre uma diminuição das médias. Isso ocorre devido a formação de radicais livres que ocorre devido ao estresse causado principalmente pelos inseticidas, esses radicais livres modificam a formação das proteínas, proporcionando lesões no DNA e peroxidação de lipídeos fazendo com que o desenvolvimento da planta seja mais lento, resultando então em uma menor massa seca de parte aérea (DAN et al., 2012 e GARCIA JUNIOR et al., 2008).

Tabela 3. Média da interação das diferentes cultivares de trigo com ou sem a aplicação da inoculação, interação das diferentes cultivares de trigo com e sem a aplicação do tratamento de sementes para as variáveis germinação total (GT, %), porcentagem de plantas mortas (MO, %) e massa seca da parte aérea (MSPA, g). UFSM, Santa Maria, 2014.

| INO | Cultivar | | | |
|-----|----------------|-------------|---------------|--------------|
| | TEC 10 | BRS 327 | TBio Pioneiro | TEC Frontale |
| | -----GT----- | | | |
| Sem | 90,50 a A* | 73,00 a B** | 87,25 a A | 83,75 a A |
| Com | 84,75 b B | 72,00 a C | 91,75 a A | 89,00 a A |
| | -----MO----- | | | |
| Sem | 7,75 a A | 14,00 a A | 10,75 a A | 11,75 a A |
| Com | 10,75 a B | 15,50 a A | 6,00 b C | 6,25 b C |
| | -----MSPA----- | | | |
| TS | | | | |
| Sem | 0,064 a B | 0,075 a A | 0,066 a B | 0,074 a A |
| Com | 0,049 b B | 0,069 a A | 0,061 a A | 0,052 b B |

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

**Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação entre as cultivares e os tratamentos da inoculação e a interação entre as cultivares e os tratamentos de sementes. Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação entre as cultivares e os tratamentos da inoculação e a interação entre as cultivares e os tratamentos de sementes.

Ao observar os diferentes cultivares dentro do tratamento sem a aplicação do tratamento de sementes observa-se que existe variabilidade entre as cultivares para essa

variável, e quando as mesmas são submetidas ao tratamento de sementes mantêm-se a variabilidade, sendo que cada cultivar responde de forma diferente ao estresse fitotóxico causado pelo inseticida e fungicida.

A variável porcentagem de plantas anormais (ANO) apresentada na Tabela 4, observa-se que as diferentes cultivares apresentaram diferença significativa para essa variável, demonstrando que existe variabilidade entre as mesmas. A cultivar que apresentou maior porcentagem de plantas anormais obteve uma média de 12,75% que infere uma menor qualidade do lote analisado, ou seja, existe variação na qualidade de lotes comercializados, essa variação pode estar relacionada com as próprias características genéticas assim como com a presença de fungos que interferem no desenvolvimento das plantas.

Para a variável emergência de plantas no canteiro (Tabela 4) houve efeito significativo para as diferentes cultivares testadas, sendo que a cultivar TBio Pioneiro foi a que apresentou a maior média com 85,87% das plantas emergidas. Essa variável simula uma situação real de campo onde os fatores climáticos, características do solo entre outros, podem interferir nos resultados de cada cultivar de forma mais expressiva ou menos.

A utilização da inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* proporcionou um maior número de plantas emergidas, isso ocorre devido a capacidade das bactérias em promover o crescimento das plantas, pois produzem hormônios que estimulam o desenvolvimento como o AIA (ácido indolil 3-acético), nitrito e giberelinas que possuem grande importância em situações de estresse (GRAY & SMITH, 2005).

Este estímulo no crescimento possui grande importância principalmente em situações de campo onde as plantas ficam mais susceptíveis ao estresse principalmente o hídrico, e dessa forma os hormônios produzidos pelas bactérias intensificam o crescimento das raízes e dos pêlos radiculares a procura de água e nutrientes necessários ao desenvolvimento das

plantas, assim como fazendo o equilíbrio hormonal (CREUS et al., 2004; RAMPIM et al., 2012 e ZAIED et al., 2003).

Tabela 4. Média das diferentes cultivares de trigo (CVS), inoculadas ou não (INO) e tratadas ou não (TS) para as variáveis porcentagem de plantas anormais (ANO, %) e porcentagem de emergência de plantas no canteiro. UFSM, Santa Maria, 2014.

| CVS | | ANO | EC |
|---------------|--------|---------|---------|
| TEC 10 | | 3,12 b* | 77,62 b |
| BRS 327 | | 12,75 a | 69,25 b |
| TBio Pioneiro | | 2,13 b | 85,87 a |
| TEC Frontale | | 4,63 b | 74,12 b |
| TS | ANO | INO | EC |
| Com | 6,63 a | Com | 79,43 a |
| Sem | 4,69 b | Sem | 74,00 b |

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott Knott.

CONCLUSÃO

A aplicação de *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes em geral promove melhoria na qualidade fisiológica, dependendo da cultivar de trigo utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. E. S.; ROSSETTO, C. A. V.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. Germinação e vigor de sementes de arroz inoculadas com bactérias diazotróficas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p. 932-939, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a19.pdf>>. Acesso em: 25 de out. 2013.

BALARDIN, R. S.; SILVA, F. D. L.; DEBONA, D.; CORTE, G. D.; FAVERA, D. D.; TORMEN, N. R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1120-1126, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v41n7/a5711cr4207.pdf>>. Acesso em: 25 de out. 2013.

BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N.; MERTZ, L. M.; NUNES, U. R.; CONCEIÇÃO, G. M. Redução populacional de trigo no rendimento e qualidade fisiológica das sementes. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, p.724-731, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rca/v44n4/08.pdf>>. Acesso em: 10 de nov. 2013.

BASHAND, Y. e HOGUIN, G. *Azospirillum* plant relationship: Environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal Microbiology**, v.43, p.103-121,

1997. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/m97-015#.UvTEcYtTvIU>>. Acesso em: 5 de nov. 2013.

BAUDET, L.; PESKE, F. Aumentando o desempenho das sementes. **Seed News**, v.9, n.5, p.22-24, 2007.

BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L. F. W.; QUADROS, P. D.; CAMARGO, F. A. O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.727-733, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782007000300019&script=sci_arttext>. Acesso em: 6 de nov. 2013.

BIANCHET, P.; SANGOI, L.; KLAUBERG FILHO, O.; MIQUELLUTI, D. J.; FERREIRA, M. A.; VIEIRA, J. Formulação simples e mista de inoculantes com bactérias diazotróficas, sob diferentes doses de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.2555-2566, 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/11692>>. Acesso em: 8 de nov. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 398p.

BURDMAN, S.; OKON, Y.; JURKEVITCH, E. Surface characteristics of *Azospirillum brasilense* in relation to cell aggregation and attachment to plant roots. **Critical Reviews in Microbiology**, v.26, p.91-110, 2000. Disponível em: <<http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1080/10408410091154200?journalCode=mby>>. Acesso em: 17 de nov. 2013.

CREUS, C. M.; SUELDO, R. J.; BARASSI, C. A. Water relations and yield in *Azospirillum*-inoculated wheat exposed to drought in the field. **Canadian Journal of Botany**, v.82, p.273-281, 2004. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/b03-119?journalCode=cjb1#.UvTGCIftTvIU>>. Acesso em: 30 de nov. 2013.

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.2, p.131-139, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n2/v32n2a16.pdf>>. Acesso em: 16 de nov. 2013.

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; PICCININ, G. G.; RICCI, T. T.; ORTIZ, A. H. T. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v.25, n.1, p.45-51, 2012. Disponível em: <<http://200.137.6.4/revistas/index.php/sistema/article/view/2073>>. Acesso em: 03 de nov. 2013.

DANELLI, A. D.; VIANA, E.; FIALOS, F. G. Fungos patogênicos detectados em sementes de trigo de ciclo precoce e médio, produzidas em três lugares do Rio Grande do Sul, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v.1, p.67-74, 2012. Disponível em: <<http://revistas.concytec.gob.pe/pdf/agro/v3n1/a09v3n1.pdf>>. Acesso em: 06 de dez. 2013.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGHS, A. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, p.284-297, 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00374-002-0534-9#page-1>>. Acesso em: 10 de out. 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises estatísticas e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, J. S.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Seleção de inoculantes à base de turfa contendo bactérias diazotróficas em duas variedades de arroz. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.1, p.179-185, 2010. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?f=2012/DJ/DJ2012046000153.xml;DJ2012046048>>. Acesso em: 02 de dez. 2013.

FESSEL, S. A.; MENDONÇA, E. A. F.; CARVALHO, R. V. Efeito do tratamento químico sobre a conservação de semente de milho durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.25-28, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v25n1/19626.pdf>>. Acesso em: 15 de dez. 2013.

GARCIA JUNIOR, D.; VECHIATO, M. H.; MENTEN, J. O. M. Efeito de fungicidas no controle de *Fusarium graminearum*, germinação, emergência e altura de plântulas em sementes de trigo. **Summa Phytopathologica**, v.34, n.3, p.280-283, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v34n3/18.pdf>>. Acesso em: 8 de dez. 2013.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, p.395-412, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071704003608>>. Acesso em: 2 de dez. 2013.

GYANESHWAR, P.; JAMES, E. K.; REDDY, P. M.; LADHA, J. Herbaspirillum colonization increases growth and nitrogen accumulation in aluminium tolerant Rice varieties. **New Phytologist**, v.154, p.131-145, 2002. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1469-8137.2002.00371.x/full>>. Acesso em: 5 de dez. 2013.

HAN, J.; SUN, L.; DONG, X.; CAI, Z.; YANG, H.; WANG, Y.; SONG, W. Characterization of a novel plant growthpromoting bacteria strain *Delftia tsuruhatensis* HR4 both as a diazotroph and a potential biocontrol agent against various pathogens. **Systematic and Applied Microbiology**, v.28, p.66-76, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0723202004000190>>. Acesso em: 1 de dez. 2013.

HOLGUIN, G.; PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Genetics and molecular biology of *Azospirillum*. **Biol Fertil Soils**, v.29, p.10-23, 1999. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s003740050519#page-1>>. Acesso em: 16 de dez. 2013.

HUERGO, L. F. **Regulação do metabolismo do nitrogênio em *Azospirillum brasilense***. 2006. Tese (Doutorado Pós-Graduação em Ciências Bioquímica) - Ciências Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 170 p.

KUSANO, M.; FUKUSHIMA, A.; REDESTIG, H.; SAITO, K. Metabolomic approaches toward understanding nitrogen metabolism in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.4, p.1439-1453, 2011. Disponível em: <<http://jxb.oxfordjournals.org/content/62/4/1439.short>>. Acesso em: 16 de dez. 2013.

MANNA, M. C.; RAO, A. S.; MANDAL, A. Maintenance of soil biological health under different crop production systems. **Indian Journal of Soil Conservation**, v.41, n.2, p.127-135, 2013. Disponível em: <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=tech_error>. Acesso em: 5 de nov. 2013.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cultura do trigo. Brasil 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/trigo>>. Acesso em: 19 Nov. 2013.

MOORE, S. B.; MANRING, S. L. Strategy development in small and médium sized interprises for sustainability and increased value creation. **Journal of Cleaner Production**, v.17, n.2, p.276-282, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652608001480>>.

MOUTIA, J. F.; SAUMTALLY, S.; SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Plant growth promotion by *Azospirillum* sp. in sugarcane is influenced by genotype and drought stress. **Plant Soil**, v. 337, p. 233-242, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11104-010-0519-7#page-1>>. Acesso em: 15 de dez. 2013.

NUNES, F. S.; RAIMONDI, A. C.; NIEDWIESKI, A. C. Fixação de nitrogênio: estrutura, função e modelagem bioinorgânica das nitrogenases. **Química Nova**, v.26, n. 6, p.872-879, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n6/a16v26n6.pdf>>. Acesso em: 8 de dez. 2013.

RAMPIM, L.; COSTA, A. C. P.; NACKE, H.; KLEIN, J.; GUIMARÃES, V. F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidos à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n.4, p.678 - 685, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v34n4/20.pdf>>. Acesso em: 16 de dez. 2013.

RANGEL-CASTRO, J. I.; KILLHAM, K.; OSTLE, N.; NICOL, G. W.; ANDERSON, I. C.; SCRIMGEOUR, C. M.; INESON, P.; MEHARG, A.; PROSSER, J. I. Stable isotope probing analysis of the influence of liming on root exudate utilization by soil microorganisms. **Environmental Microbiology**, v.7, n.6, p.828-838, 2005. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1462-2920.2005.00756.x/abstract?deniedAccessCustomisedMessage=&userIsAuthenticated=false>>. Acesso em: 12 de dez. 2013.

REIS, E. M.; MOREIRA, E. N.; CASA, R. T.; BLUM, M. M. C. Eficiência e persistência de fungicidas no controle do oídio do trigo via tratamento de sementes. **Summa**

Phytopathologica, v.34, n.4, p.371-374, 2008. Disponível em: <<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=21935706>>. Acesso em: 10 de dez. 2013.

RENGEL, Z. Genetic control of root exudation. **Plant Soil**, v.245, p. 59-70, 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023/A:1020646011229#page-1>>. Acesso em: 7 de dez. 2013.

SILVEIRA, R. E.; MACCARI, M.; MARQUEZI, C. F. Avaliação do efeito de inseticidas aplicados via tratamento de sementes sobre o desenvolvimento de raízes de milho, na proteção de pragas do solo. In: Reunião Sul-Brasileira sobre Pragas de Solo, **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.246-249.

SOARES, A. M. S. e MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica**, v.1, n.1, p.9-19, 2007. Disponível em: <http://artigocientifico.uol.com.br/uploads/artc_1207658990_36.pdf>. Acesso em: 6 de dez. 2013.

SOUZA, W. P.; SILVA, E. M. B.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.575-580, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n6/v17n6a01.pdf>>. Acesso em: 6 de dez. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. ARTMED, 2004. 954 p.

VANIN, A.; SILVA, A. G.; FERNANDES, C. P. C.; FERREIRA, W. S.; RATTES, J. F. Tratamento de sementes de sorgo com inseticidas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.2, p.299-309, 2011.

VIGANÓ, J.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; FRANCO, F. A.; SCHUSTER, I.; MOTERLE, L. M.; TEXEIRA, L. R. Qualidade fisiológica de sementes de trigo em resposta aos efeitos de anos e épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.86-96, 2010.

ZAIED, K. A.; EL-HADY, A. H.; AFIFY, A. H.; NASSEF, M. A. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.4, n.2, p.344-358, 2003. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?f=2004/PK/PK04002.xml;PK2003000933>> Acesso em: 15 de dez. 2013.

CAPÍTULO II - INOCULAÇÃO, RESÍDUOS DE PALHADA E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E QUALIDADE DE SILAGEM DE MILHO

Resumo - No sistema de plantio direto os resíduos culturais proporcionam a liberação de nutrientes para a cultura subsequente fazendo com que a mesma tenha um melhor desenvolvimento. O nitrogênio (N) é requerido em grande quantidade pela maioria das culturas e possui elevado custo, sendo necessário o entendimento da melhor forma de manejar esse nutriente, e também sendo necessária a busca por alternativas que auxiliem na disponibilização desse nutriente para as plantas, sendo uma alternativa a fixação biológica do nitrogênio através da inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum*. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência da aplicação de *Azospirillum brasilense* associada a diferentes doses de nitrogênio nos componentes de rendimento e na qualidade de silagem de milho em sistema de plantio direto sobre diferentes resíduos culturais. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria – RS, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em que os tratamentos foram distribuídos em um trifatorial com inoculação com as bactérias do gênero *Azospirillum brasilense*, diferentes doses de nitrogênio (0, 88,59 e 177,18 kg de N ha⁻¹) e diferentes resíduos culturais. Foram avaliadas as características quantitativas através da análise dos componentes de rendimento e as qualitativas por meio da análise da composição química da silagem. Os diferentes resíduos culturais não interferiram significativamente na produção de grãos. Já a aplicação do inoculante resultou em um aumento de 720 kg ha⁻¹ na produtividade de grãos. As diferentes doses de nitrogênio não apresentaram diferença significativa na produtividade de grãos. Os diferentes tratamentos utilizados afetam a qualidade da silagem, interferindo no teor de proteínas, fibra em detergente neutro e na matéria seca da silagem, não interferindo no teor de cinzas da mesma.

Palavras chaves- *Azospirillum brasilense*, ciclagem de nutrientes, adubação nitrogenada, *Zea mays* L.

CHAPTER II – INOCULATION, STRAW WASTE AND DOSES OF NITROGEN IN PRODUCTIVITY AND QUALITY OF GRAIN SILAGE CORN

Abstract - In no-tillage mulch provides nutrient release for subsequent culture causing the same to have a better development. Nitrogen (N) is required in large quantities by most cultures and has high cost, understanding the best way to handle this nutrient is needed, and also the search for alternatives that assist in providing such plant nutrient is needed, with an alternative to biological nitrogen fixation by inoculation with bacteria of the genus *Azospirillum*. The objective of this study was to evaluate the influence of applying *Azospirillum brasilense* associated with different levels of nitrogen on yield components and quality of corn silage in different tillage system on crop residues. The experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria - RS, the experimental design was randomized blocks, in which the treatments were arranged in a factorial inoculated with bacteria of the genus *Azospirillum brasilense*, different nitrogen rates (0 , 88,59 and 177,18 kg N ha⁻¹) and different crop residues. Quantitative traits were evaluated through analysis of

yield components and quality by analyzing the chemical composition of silage. The different crop residues had no significant influence on grain yield. Have the application of inoculant resulted in an increase of 720 kg ha⁻¹ grain yield. The different nitrogen levels showed no significant difference in grain yield. The different treatments affect silage quality, interfering with protein, neutral detergent fiber and dry matter of silage, not interfering in the ash content of the same.

keywords - *Azospirillum brasilense*, nutrient cycling, nitrogen fertilization, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de grande importância econômica no Brasil, devido à extensa área em que é cultivado e por apresentar características nutricionais importantes podendo ser utilizado tanto na alimentação humana quanto na alimentação animal (DUETE et al., 2008). Os grãos são utilizados principalmente em fábricas de rações, podendo ser utilizado em indústrias de extração de óleo. No entanto, o milho também é amplamente utilizado na forma de planta inteira para o processo de ensilagem, alimento muito utilizado na alimentação de bovinos leiteiros, principalmente no período de vazio forrageiro.

Segundo a CONAB (2013) o Brasil obteve na safra de 2012/13 uma média de produtividade de 4.991 kg ha⁻¹, a área cultivada foi de 15.843 milhões de hectares. A produtividade média da cultura em condições brasileiras é 29,16% das máximas produtividades obtidas em nível brasileiro. Nesse caso, os recursos ambientais e de manejo são maximizados. Em média o manejo e o ambiente disponível para a cultura não favorece a produção. Devido a isso é importante ampliar o conhecimento sobre a planta de milho e o ambiente de produção, com base em uma avaliação do cenário agrícola tanto local quando mundial, a fim de estabelecer sistemas de produção eficientes e racionais, buscando resultados satisfatórios na produtividade, qualidade, sustentabilidade e também lucros (QUEIROZ et al., 2011).

Para obter uma alta produtividade faz-se necessário que o milho tenha completamente satisfeitas suas exigências nutricionais, para que isso ocorra a cultura realiza uma grande

extração de nutrientes do solo, principalmente de nitrogênio, que é necessário em maior quantidade e também possui recomendações de adubação e manejo mais complexos (SILVA et al., 2005).

O nitrogênio (N) é um nutriente capaz de interferir na produtividade de grãos da cultura do milho, por ser um importante constituinte das moléculas de proteínas, enzimas, ácido nucléicos e citocromos, e também por sua importante função como integrante da molécula de clorofila (GROSS et al., 2006). O sistema de cultivo e as culturas utilizadas em rotação ou sucessão influenciam o aproveitamento do nitrogênio do fertilizante (LARA CABEZAS et al., 2004), isso ocorre devido a interação que ocorre entre o N do fertilizante e o N orgânico do solo (AMADO et al., 2002).

O nitrogênio é o nutriente que mais eleva o custo de produção devido à quantidade exigida pela planta e o custo dos fertilizantes nitrogenados. Isso faz com que aumente o interesse em encontrar práticas alternativas que busquem o aumento da eficiência na utilização de insumos.

Além da utilização do sistema de plantio direto que busca o aproveitamento dos nutrientes provenientes dos resíduos vegetais também vem sendo utilizado à fixação biológica do nitrogênio atmosférico que é realizada por um grupo de bactérias, denominadas diazotróficas (KAPPES et al., 2013). Dentre estas bactérias o gênero *Azospirillum* e principalmente a espécie *brasilense*, vem sendo utilizada na inoculação de gramíneas, cereais, cana-de-açúcar e outras culturas (REIS, 2007).

As bactérias do gênero *Azospirillum* são diazotróficas associativas e formam associações não mutualistas com diversas famílias botânicas, dentre elas as gramíneas, onde localizam-se nos tecidos do córtex radicular, xilema, protoxilema e também nas folhas e colmos (BALANCHADAR et al., 2007). As bactérias associativas são capazes de fixar o nitrogênio presente na atmosfera e por intermédio da ação enzimática (enzima nitrogenase)

transforma-o em amônia (NH₃) ou em íons de amônio (NH₄⁺) para que assim a planta possa incorporar na forma de nitrogênio orgânico, no entanto produtos da fotossíntese são liberados pela planta para que as bactérias associativas absorvam (MARTINS et al., 2003).

A inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* vem sendo estudado devido às vantagens que possui quando comparado à adubação mineral. No Brasil a utilização da inoculação pode proporcionar uma economia de 30 a 50 kg de N ha⁻¹ na forma de adubo sintético (FANCELLI, 2010).

Segundo KAPPES et al. (2013) a utilização da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas sementes de milho proporcionou maior índice de clorofila foliar na primeira leitura, o que segundo o autor pode ser resultado tanto da fixação biológica do nitrogênio atmosférico, assim como pode ser resultado dos mecanismos de promoção do crescimento que podem aumentar a capacidade das plantas em absorver este nutriente do solo.

Analisando a qualidade fisiológica de sementes de trigo submetidas à inoculação RAMPIM et al. (2012) observou que o *Azospirillum brasilense* proporcionou incremento no desenvolvimento inicial de plântulas de trigo. HUNGRIA (2011) observou que a inoculação de sementes associada à aplicação de nitrogênio na semeadura e no estágio de florescimento proporcionaram maiores rendimentos na produtividade.

Segundo LANA et al. (2012) a utilização da inoculação proporcionou um incremento de 7 a 15% na produtividade do milho. BARTCHECHEN et al. (2010) analisando o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* associado a diferentes doses de N, verificaram que a inoculação proporcionou uma produtividade de milho superior em relação a testemunha porém quando utilizada a inoculação isolada ou associada à adubação nitrogenada em cobertura não houve diferença significativa na produtividade.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência da aplicação de *Azospirillum brasilense* associada a diferentes doses de nitrogênio nos componentes de rendimento e na

qualidade de silagem de milho em sistema de plantio direto sobre diferentes resíduos culturais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, situada à latitude de 29°43'04'' Sul e longitude de 53°44'01'' Oeste e altitude média de 116 metros. O solo é classificado como Gleissolo Háplico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), o terreno possui topografia plana. O clima local, segundo a classificação climática de Köppen, pertence ao tipo fundamental Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (HELDWEIN; BURIOL e STRECK, 2009).

A implantação do experimento foi realizada no inverno no dia primeiro de junho de 2012, no delineamento de blocos completamente ao acaso, e os tratamentos foram distribuídos em um fatorial (resíduos culturais x manejo nitrogenado no verão x inoculação no verão), com três repetições. As culturas utilizadas no inverno foram, trigo (*Triticum aestivum* L.), cevada (*Hordeum vulgare* sp.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). As cultivares de trigo utilizadas foram: Fundacep Horizonte, Quartzo (OR/Biotrigo), Mirante (OR/Biotrigo), de ciclos médio, e a cultivar Campo Real de ciclo precoce, duas cultivares de cevada, a BRS Cauê e a MN BRS 225 sendo elas de ciclo médio e precoce, respectivamente, e uma cultivar de aveia preta (cultivar Moreninha). Os diferentes resíduos culturais foram mantidos sem inoculação (*Azospirillum brasilense*) e posteriormente a adubação de cobertura foi aplicada em diferentes proporções (sem aplicação; 88,59 e 177,18 kg de N ha⁻¹).

O solo foi preparado por meio do sistema de plantio convencional, com dessecação da área 15 dias anteriores à semeadura. A adubação de base foi realizada segundo as análises do solo e indicações para cada cultura assim como a adição de N em cobertura, baseada com as

recomendações e tratamentos utilizados (ROLAS, 2004). A semeadura foi realizada com semeadora de plantio direto para cereais de inverno. Para todas as culturas e cultivares foi usado um espaçamento 0,20 m entre fileiras e 0,04 m de profundidade, com uma densidade de 350 sementes m^{-2} (EMBRAPA, 2012). A parcela experimental no inverno foi formada com dois metros de largura e 4,5 metros de comprimento. Os tratos culturais, como controle de insetos, doenças e plantas invasoras, foram realizados sempre que necessários, conforme as indicações técnicas da cultura, de forma a evitar o estresse por estes fatores bióticos.

Após a senescência das culturas de inverno, foi implantada a cultura de verão, onde se utilizou a cultura do milho (*Zea mays* L.), sendo utilizado o híbrido P1630H. A semeadura foi realizada em plantio direto sobre os resíduos das culturas de inverno, no dia 15 de novembro de 2012. As parcelas seguiram o mesmo formato utilizado para as culturas de inverno e foram instalados exatamente sobre as mesmas, sendo que para a cultura do milho foram utilizadas quatro fileiras por parcela correspondente ao inverno, sendo esta parcela subdividida entre inoculada e não inoculada com *Azospirillum brasilense*, espaçadas a 0,5 m e com comprimento de 4,5 m.

Ao atingir o ponto de silagem (2/3 do grão leitoso), foi realizada a colheita de uma das duas fileiras de milho de cada sub-parcela para a confecção da silagem. O corte das plantas foi realizado a 90 cm do solo, devido a baixa umidade dos colmos e folhas. Em seguida as plantas foram trituradas em partículas de aproximadamente dois centímetros, para a confecção da silagem.

Para o processo de ensilagem foram utilizados microssilos de saco plástico de 41 cm de largura, 65 cm de altura e 180 micras de espessura. Nesse silo foi colocado 500 g de areia para que ficassem retidos os efluentes provenientes da silagem. Em cada microssilo, devidamente identificado foi colocado três quilogramas do material triturado, sendo compactado com uma haste de madeira, a fim de evitar a presença de ar, e assim

possibilitando uma fermentação anaeróbica adequada, a parte superior do silo foi vedada com fita adesiva, evitando a entrada de ar. Os silos foram armazenados por um período de 21 dias. Após esse período foi realizada a abertura desses silos e retirada uma amostra de 400 gramas da parte central do silo.

A amostra retirada da silagem após a abertura do microssilo, foi colocada em estufa de circulação de ar forçado a 55°C, até obter massa constante, obtendo assim a massa seca da silagem, posteriormente moída em moinho tipo faca, com peneira de 1 mm. Foram selecionadas para a análise as parcelas que receberam as doses de zero e 177,18 kg de N ha⁻¹, e as parcelas cultivadas sobre os resíduos das cultivares de trigo (BRS Horizonte e Campo real), de cevada (BRS Cauê e MN 743) e de aveia preta. Para a determinação da proteína bruta presente nesse material foi utilizado a metodologia de KJELDAHL (AOAC, 1990). Os teores de fibra em detergente neutro foram obtidos segundo a metodologia de VAN SOEST (VAN SOEST et al., 1991) e cinzas pela metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002).

Antes de realizar a colheita de grãos foram avaliadas a altura de plantas, altura de inserção de espigas e diâmetro de colmo de três plantas amostradas aleatoriamente em cada parcela. Para a avaliação da produtividade de grãos foi realizada a colheita das espigas de cada parcela individualmente e identificadas. Para cada parcela foi avaliado o número total de espigas por parcela e destas separadas cinco espigas aleatoriamente para as avaliações individuais de diâmetro e comprimento de espiga, número de fileiras, número de grãos por fileira. Após essas avaliações as espigas foram debulhadas e então, avaliada a umidade dos grãos, massa total de grãos e massa de cem grãos sendo utilizadas, para esse último parâmetro, três amostras.

Os dados foram tabulados e analisados estatisticamente através da análise de variância, comparação de médias e regressão quando necessário, com o auxílio do programa estatístico SOC – NTIA (EMBRAPA, 1997) e pelo Sisvar® (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento se desenvolveu sem que as plantas daninhas, pragas e doenças pudessem interferir no desenvolvimento da cultura, isso foi resultado da utilização de agrotóxicos aplicados de forma preventiva. A qualidade do experimento é demonstrada pelo coeficiente de variação obtido, dessa forma para a maioria das variáveis analisadas esse valor foi próximo a dez, sendo que quanto menor esse coeficiente maior a precisão experimental (GOMES & GARCIA, 2002). Para a variável produtividade de grãos esse coeficiente ficou mais elevado 19,35%, no entanto não comprometendo a qualidade do experimento, pois ficou entre o limite médio que é entre 10 e 20%.

A análise de variância (Tabela 1) apresenta os quadrados médios e os níveis mínimos de significância para as variáveis apresentadas em função dos tratamentos e das interações entre eles. Não houve interação tripla significativa entre as culturas utilizadas como resíduos culturais, as diferentes doses de nitrogênio e a inoculação com *Azospirillum brasilense*.

Segundo a análise de variância (Tabela 1) houve interação dupla entre a cultura utilizada como resíduos culturais e as doses de nitrogênio para as variáveis número de espigas, número de grãos totais e massa de cem grãos, já a interação entre a cultura utilizada como resíduos culturais e a inoculação não foi significativa assim como para a interação entre as doses de nitrogênio e a inoculação. A interação não significativa entre os fatores estudados justificam a análise dos efeitos principais, aplicando análise de regressão para as doses de nitrogênio e teste de comparação múltipla de médias para os demais fatores qualitativos.

Quanto ao efeito principal da cultura utilizada como resíduo cultural houve diferença significativa para as variáveis altura de plantas e de inserção de espigas, comprimento e diâmetro de espiga, número de fileiras, número de grãos por fileira. O efeito das diferentes doses de nitrogênio foi significativo para as variáveis altura de planta e de inserção de espiga, diâmetro de colmo, comprimento e diâmetro de espiga, número de fileiras e número de grãos por fileira. O efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* foi significativo para as variáveis diâmetro de colmo, número de fileiras e produtividade de grãos.

A análise de variância para as variáveis bromatológicas apresentada na tabela 1, demonstra que ocorreu interação tripla entre os fatores analisados para a variável matéria seca da silagem (MSS), já para a proteína bruta (PB) ocorreu interação dupla entre as diferentes culturas e cultivares analisadas com as doses de N, para a fibra em detergente neutro (FDN) houve significância apenas para o fator cultura e cultivares e para a variável cinzas não foi observado efeito significativo de nenhum dos fatores analisados.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), nível mínimo significativo (PR>F), para as variáveis altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (IE), diâmetro de colmo (DC), número de espigas (NE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGF), produtividade de grãos (PG), número de grãos total (NGT), massa de cem grãos (MCG), matéria seca da silagem (MSS), cinzas (CZ), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) das plantas de milho cultivada após culturas agrícolas, doses de nitrogênio e aplicação de inoculante. UFSM, Santa Maria. 2014.

| FV | GL | QM | PR > F | QM | PR > F | QM | PR > F | QM | PR > F | QM | PR > F | QM | PR > F |
|----------------|-----|---------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | AP (m) | | IE (m) | | DC (cm) | | NE | | CE (cm) | | DE (cm) | |
| Bloco | 2 | 0,081 | 0,00 | 0,011 | 0,19 | 2,037 | 0,00 | 80,062 | 0,04 | 20,836 | 0,00 | 1,432 | 0,00 |
| Cultura (A) | 6 | 0,225 | 0,00 | 0,017 | 0,02 | 0,026 | 0,41 | 11,185 | 0,82 | 5,448 | 0,00 | 0,336 | 0,00 |
| Dose de N (Z) | 2 | 0,173 | 0,00 | 0,094 | 0,00 | 0,167 | 0,00 | 31,169 | 0,27 | 8,548 | 0,00 | 0,668 | 0,00 |
| Inoculação (D) | 1 | <0,001 | 0,92 | 0,008 | 0,28 | 0,103 | 0,05 | 26,722 | 0,29 | 4,332 | 0,08 | 0,041 | 0,35 |
| A*D | 6 | 0,007 | 0,67 | 0,002 | 0,95 | 0,045 | 0,11 | 11,776 | 0,80 | 1,706 | 0,29 | 0,079 | 0,13 |
| A*Z | 12 | 0,006 | 0,84 | 0,008 | 0,27 | 0,041 | 0,09 | 48,630 | 0,02 | 2,389 | 0,06 | 0,052 | 0,36 |
| D*Z | 2 | 0,005 | 0,62 | 0,012 | 0,18 | 0,023 | 0,41 | 24,834 | 0,35 | 0,008 | 0,99 | 0,017 | 0,70 |
| A*Z*D | 12 | 0,003 | 0,99 | 0,004 | 0,84 | 0,023 | 0,53 | 32,673 | 0,17 | 2,138 | 0,11 | 0,043 | 0,54 |
| Resíduo | 208 | 0,011 | | 0,007 | | 0,044 | | 23,280 | | 1,375 | | 0,047 | |
| Média | | 2,52 | | 1,14 | | 2,12 | | 47,70 | | 12,1 | | 4,76 | |
| CV | | 4,10 | | 7,22 | | 7,51 | | 10,11 | | 9,69 | | 4,55 | |
| FV | GL | NF | | NGF | | PG (kg ha ⁻¹) | | NGT | | MCG (g) | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Bloco | 2 | 16,324 | 0,00 | 71,667 | 0,00 | <0,001 | 0,00 | 69216,730 | 0,00 | 20,074 | 0,00 | | |
| Cultura (A) | 6 | 4,397 | 0,01 | 33,234 | 0,00 | <0,001 | 0,13 | 23530,393 | 0,00 | 19,527 | 0,00 | | |
| Dose de N (Z) | 2 | 6,745 | 0,01 | 70,324 | 0,00 | <0,001 | 0,08 | 45331,430 | 0,00 | 54,186 | 0,00 | | |
| Inoculação (D) | 1 | 12,326 | 0,00 | 22,850 | 0,10 | 0,001 | 0,00 | 28916,187 | 0,01 | 0,059 | 0,88 | | |
| A*D | 6 | 1,418 | 0,40 | 11,099 | 0,26 | <0,001 | 0,07 | 6270,417 | 0,23 | 3,404 | 0,26 | | |
| A*Z | 12 | 1,861 | 0,19 | 13,045 | 0,12 | <0,001 | 0,15 | 8429,250 | 0,05 | 6,689 | 0,00 | | |
| D*Z | 2 | 0,902 | 0,52 | 0,395 | 0,96 | <0,001 | 0,34 | 739,108 | 0,85 | 5,668 | 0,12 | | |
| A*Z*D | 12 | 1,616 | 0,30 | 15,370 | 0,05 | <0,001 | 0,85 | 7515,870 | 0,09 | 1,245 | 0,93 | | |
| Resíduo | 208 | 1,366 | | 8,478 | | <0,001 | | 4580,019 | | 2,771 | | | |
| Média | | 19,59 | | 24,65 | | 4,90 | | 484,57 | | 27,09 | | | |
| CV | | 5,97 | | 11,81 | | 19,35 | | 13,97 | | 5,96 | | | |
| FV | GL | MSS (%) | | CZ (%) | | PB (%) | | FDN (%) | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Bloco | 2 | <0,001 | 1,00 | 0,015 | 0,83 | 1,773 | 0,21 | 49,707 | 0,09 | | | | |
| Cultura A | 4 | 89,834 | 0,00 | 0,181 | 0,07 | 11,934 | 0,00 | 106,714 | 0,00 | | | | |
| Dose de N(Z) | 1 | 23,563 | 0,02 | 0,091 | 0,29 | 69,046 | 0,00 | 47,105 | 0,13 | | | | |
| Inoculação (D) | 1 | 15,070 | 0,07 | 0,014 | 0,68 | 0,505 | 0,50 | 63,079 | 0,08 | | | | |
| A*Z | 4 | 9,996 | 0,07 | 0,093 | 0,33 | 4,100 | 0,01 | 35,106 | 0,15 | | | | |
| A*D | 4 | 2,690 | 0,66 | 0,016 | 0,94 | 0,339 | 0,88 | 17,340 | 0,50 | | | | |
| Z*D | 1 | 14,231 | 0,08 | 0,001 | 0,90 | 0,034 | 0,86 | 23,584 | 0,29 | | | | |
| A*Z*D | 4 | 14,792 | 0,01 | 0,029 | 0,84 | 0,425 | 0,82 | 40,271 | 0,10 | | | | |
| Resíduo | 98 | 4,450 | | 0,080 | | 1,116 | | 20,361 | | | | | |
| Média | | 36,12 | | 3,05 | | 7,27 | | 47,56 | | | | | |
| CV | | 5,84 | | 9,25 | | 14,51 | | 9,49 | | | | | |

Para a variável massa de cem grãos (MCG), houve interação entre as doses de nitrogênio e o resíduo de palhada provenientes das diferentes culturas e cultivares (Figura 1). Segundo OHLAND et al. (2005) essa variável é influenciada pelo genótipo, pelas condições climáticas durante o estágio de enchimento de grãos e também pela disponibilidade de nutrientes.

Conforme a Figura 1, as culturas e cultivares obtiveram um comportamento diferenciado para as doses de nitrogênio. Sendo que a cultivar de trigo Quartzo e a Aveia Preta não apresentaram diferença significativa para as doses de N. Já a cultivar de cevada MN 743 e a cultivar de trigo Horizonte ambos com comportamento semelhante, apresentaram aumento linear da massa de cem grãos, conforme as doses crescentes de N. A cultivar de cevada BRS Cauê e o trigo campo real apresentaram um comportamento quadrático para as doses de N. Os resíduos culturais da cultivar de trigo Mirante proporcionaram um comportamento diferenciado onde foram verificados para massa de cem grãos um menor valor na dose 88,59 e um maior valor para a dose de 177,18.

O comportamento diferenciado entre os resíduos das diferentes culturas e cultivares pode ser explicado pela taxa de liberação de nutrientes, e também pela diferença na quantidade de resíduo que cada um proporcionou. Culturas ou cultivares que proporcionam maior quantidade de palhada mantém a umidade do solo por um maior tempo, facilitam a absorção de nutrientes. A MCG é influenciada pela absorção de N pelo milho, que possui um pico durante o período entre o início do florescimento e o início da formação de grãos (ULGER, BECKER e KHANT, 1995). Segundo KAPPES et al. (2013) a deficiência de N, durante essa fase de desenvolvimento da cultura pode proporcionar a formação de grãos com menor massa, isso ocorre pela não translocação do nutriente em quantidades adequadas.

As diferentes culturas e cultivares possuem características diferentes de decomposição que alteram a disponibilidade de nutrientes e a época em que estes nutrientes são

disponibilizados para a cultura subsequente (LÁZARO et al., 2013). Devido a isso se conclui que a variação na MCG possivelmente tenha sido alterado pela disponibilidade de nutrientes em momentos diferentes do desenvolvimento da cultura.

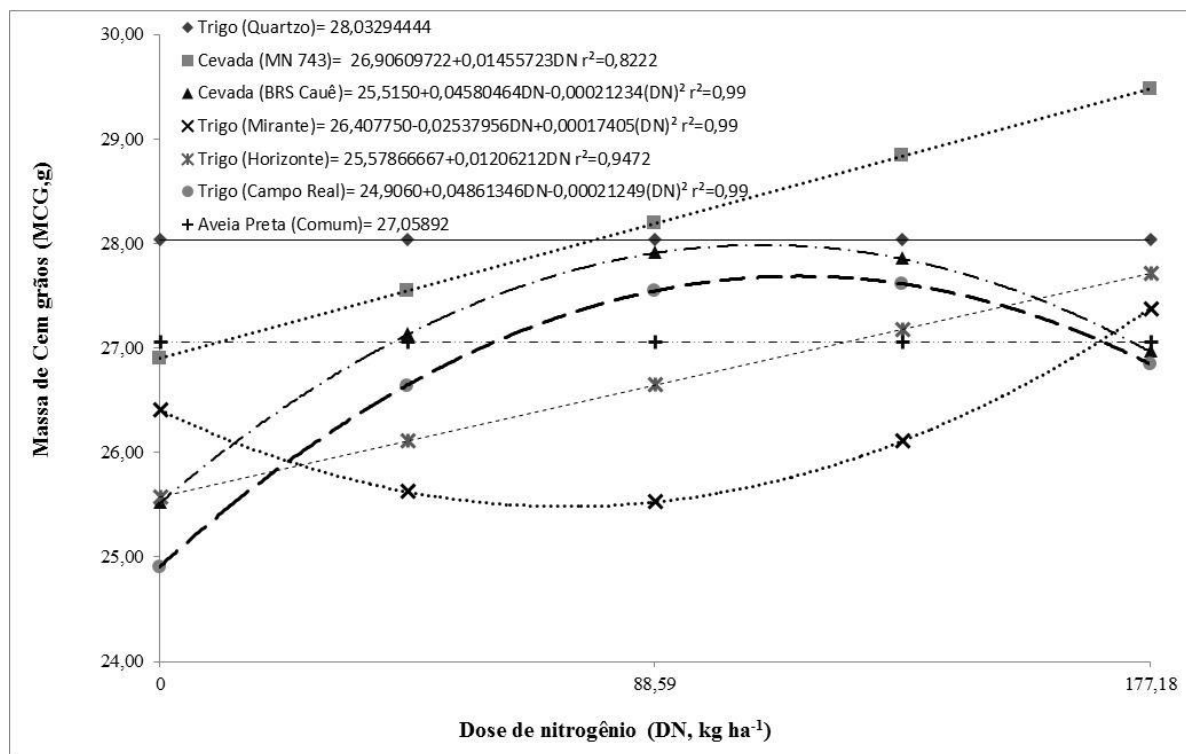


Figura 1. Variação da massa de cem grãos (MCG), para as diferentes culturas e cultivares em resposta as diferentes doses de nitrogênio (DN).

Para a variável número de espigas (Figura 2) ocorreu interação significativa entre as doses de nitrogênio e a cultivar de cevada BRS Cauê, já para as demais culturas e cultivares essa interação não foi significativa. A interação apresentou comportamento linear decrescente, ou seja, quando aumenta a dose de nitrogênio diminui o número de espigas, isso pode ocorrer pelas características alelopáticas do resíduo de cevada.

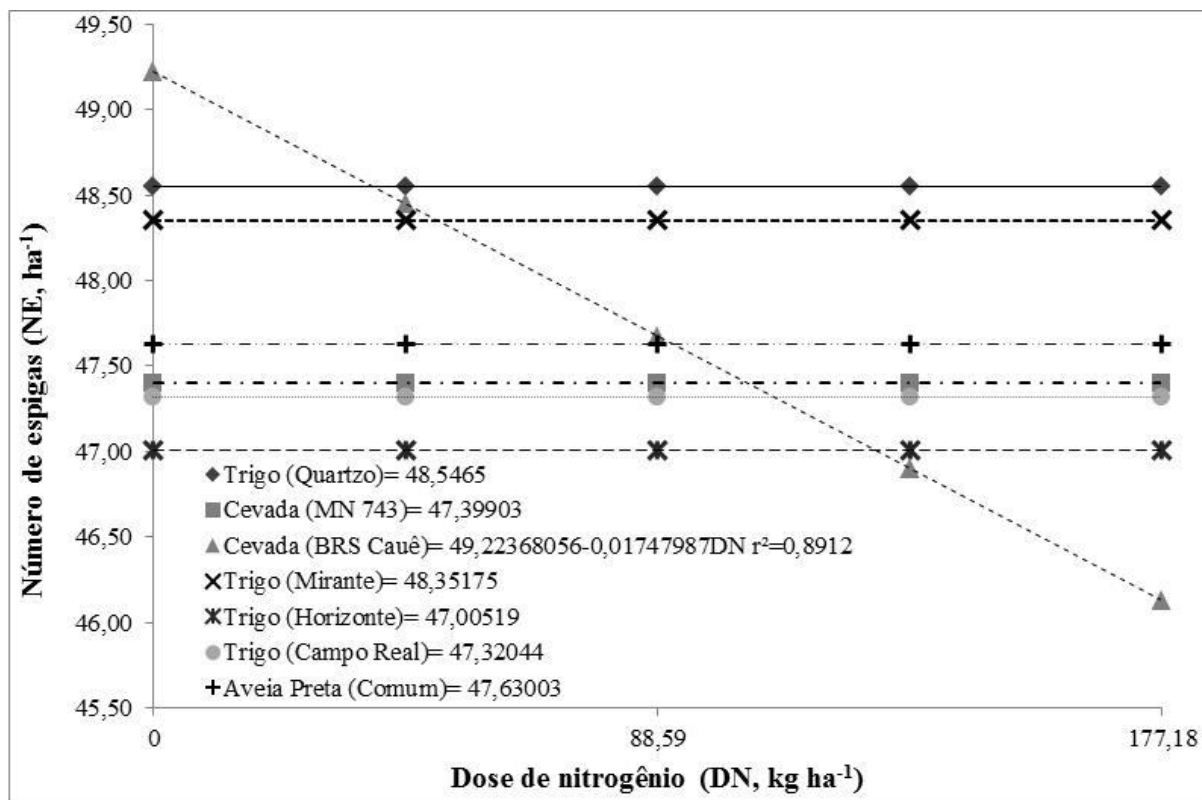


Figura 2. Variação do número de espigas (NE*1000), para as diferentes culturas e cultivares em resposta as diferentes doses de nitrogênio (DN).

Para a variável número de grãos total (NGT) (Figura 3) a interação foi significativa para a cultivar de trigo Horizonte e a cultivar de cevada BRS Cauê, que apresentaram comportamento quadrático para as doses de nitrogênio. Já as demais culturas e cultivares não apresentaram interação significativa com as doses de nitrogênio.

A taxa de liberação de nutrientes é influenciada pelas condições climáticas, sendo necessária a presença de calor e umidade para que ocorra a proliferação de bactérias responsáveis pela decomposição da palhada (SOUZA et al., 2012). Sendo assim maiores volumes de palhada, fazem com que a umidade permaneça por um maior tempo, facilitando a decomposição. As culturas e cultivares proporcionaram diferente volume de palhada podendo assim interferir nos resultados obtidos.

A variável número de grãos total por espiga é influenciada pela disponibilidade hídrica no momento do enchimento de grãos, dessa forma os resultados obtidos podem ter sofrido alteração pelo déficit hídrico presente no estágio de enchimento de grãos (Anexo 1).

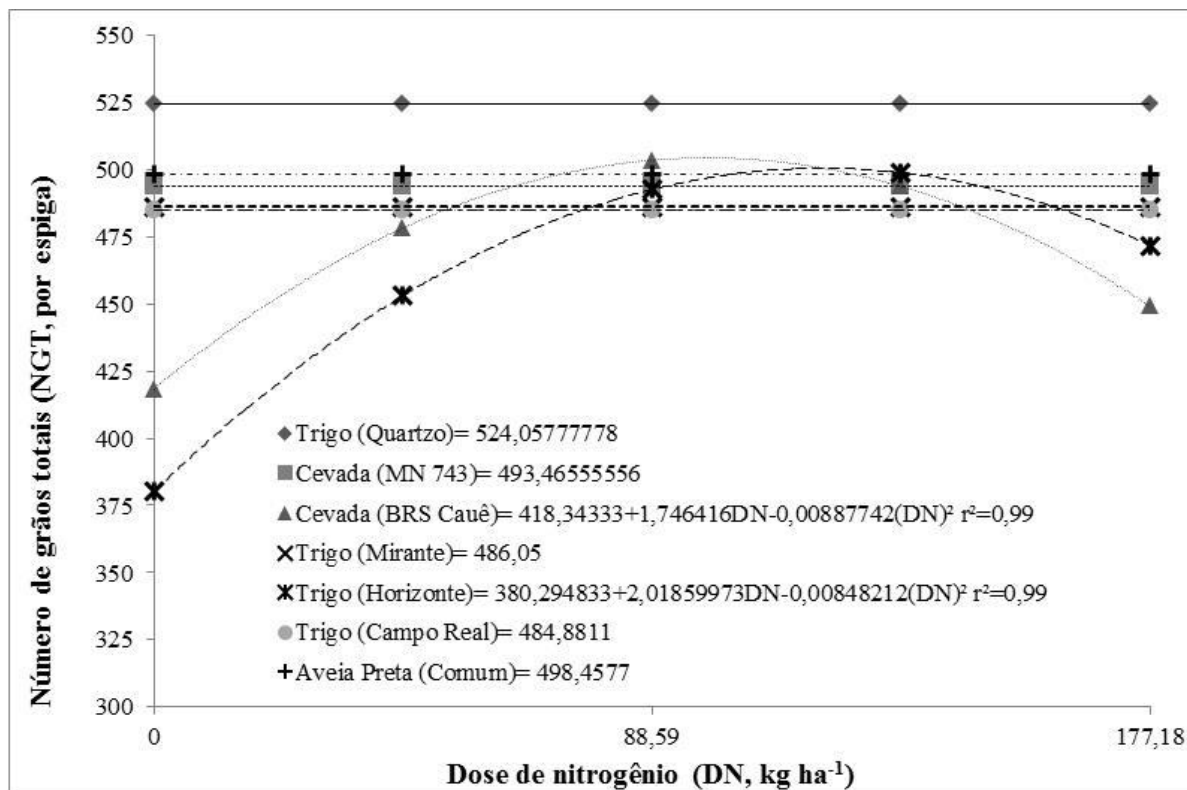


Figura 3. Variação do número de grãos total por espiga por espiga (NGT), para as diferentes culturas e cultivares em resposta as diferentes doses de nitrogênio (DN).

Para a silagem a variável matéria seca obteve média de 36,12%, sendo esta dentro do intervalo encontrado por NEUMANN et al. (2008), que obtiveram valores entre 33,5 e 40,4%. Segundo VAN SOEST (1994) o teor de matéria seca possui grande importância no processo de fermentação da silagem alterando a intensidade que a mesma ocorre, ou seja, quanto menor a umidade menor o surgimento de fermentações indesejáveis causadas pela presença de bactérias clostrídicas, e dessa forma sem prejudicar a fermentação láctica. No entanto, quando a umidade é muito baixa a compactação do material no silo fica prejudicada, ou seja, ocorre presença de ar dificultando a fermentação anaeróbica que é desejável.

A Tabela 2 apresenta a interação tripla para a variável matéria seca, onde podemos observar que os resíduos culturais de cada cultura/cultivar submetidos aos diferentes

tratamentos proporcionaram diferença significativa no teor de matéria seca. Essa variação ocorre devido às características de cada cultura/cultivar em proporcionar diferentes resíduos culturais, assim, quando submetidas a diferentes tratamentos a quantidade de resíduos que irá permanecer no solo é variável, e dessa forma, a quantidade de nutrientes liberados a cultura do milho também varia interferindo diretamente na produção de matéria seca.

As doses de nitrogênio na interação tripla (Tabela 2) proporcionaram diferença na produção de matéria seca apenas para a cevada BRS Cauê e para a aveia preta, sendo que a não aplicação de nitrogênio associada a não aplicação da inoculação proporcionou um menor teor de matéria seca. Isso ocorre devido à falta do nitrogênio que prejudica o crescimento e desenvolvimento das plantas (MCALLISTER et al., 2012).

A inoculação dentro da interação tripla (Tabela 2) proporcionou diferença significativa para a cultivar de trigo horizonte e para a aveia preta que não receberam a aplicação do nitrogênio. Para a cultura de trigo horizonte quando utilizada a inoculação o teor de matéria seca foi menor quando comparado ao tratamento com a mesma dose de nitrogênio com inoculação. Segundo BIANCHET et al. (2013), isso pode ocorrer devido a sensibilidade da cultivar a altas concentrações de fitormônios. Na aveia preta o efeito foi contrário, ou seja, quando não utilizado o nitrogênio e a inoculação, houve menor teor de matéria seca, indicando que a inoculação associada aos resíduos culturais da aveia preta auxilia na produção de matéria seca.

Tabela 2. Média da interação tripla das diferentes culturas/cultivares com ou sem a aplicação da inoculação e com doses de nitrogênio (DN = 0 e 177,18 kg de N ha⁻¹) para a variável matéria seca da silagem (MSS, %). UFSM, Santa Maria, 2014.

| DN | INO | Cultivares | | | | |
|---------------|-----|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | MN 743 | BRS Cauê | Horizonte | Campo Real | Aveia Preta |
| -----MSS----- | | | | | | |
| 0 | sem | a 38,25 a A* | b 34,77 a B** | a 35,87 a A | a 37,75 a A | b 31,81 b C |
| 0 | com | a 38,91 a A | a 35,97 a B | a 33,26 b B | a 35,72 a B | a 34,48 a B |
| 177,18 | sem | a 39,71 a A | a 39,02 a A | a 34,23 a C | a 37,18 a B | a 36,17 a B |
| 177,18 | com | a 38,00 a A | a 36,91 a A | a 33,88 a B | a 36,68 a A | a 33,86 a B |

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

**Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das cultivares dentro dos tratamentos da inoculação e dose de nitrogênio. Letras minúsculas em negrito apresentadas na coluna antes do valor das médias representam a interação da dose de nitrogênio dentro da inoculação e cultivares analisadas. Letras minúsculas apresentadas na coluna após o valor das médias representam a interação da inoculação dentro das doses de nitrogênio e cultura/cultivares analisadas.

Analisando o comportamento dos diferentes caracteres avaliados com relação às doses de N aplicadas podemos observar que não houve interação significativa entre as diferentes doses de N e a utilização da inoculação, assim como para os diferentes resíduos culturais para as variáveis altura de plantas, altura de inserção de espiga, número de fileiras e número de grãos por fileira da espiga, diâmetro de colmo, diâmetro da espiga e comprimento de espiga.

A adição de doses de nitrogênio aumentou linearmente a altura de plantas de milho (Figura 4). Esse aumento também foi observado por CANCELLIER et al. (2011) que concluíram que o nitrogênio em cobertura proporciona um aumento na taxa de crescimento das plantas e conseqüentemente na altura final das plantas.

A altura de inserção de espiga (Figura 4) apresentou diferença significativa para as doses, aumentando positivamente a altura até a dose 132 kg ha⁻¹ de nitrogênio, e após ocorrendo a diminuição dessa altura. LANA et al. (2009) analisando o arranjo espacial e a adubação nitrogenada em cobertura obteve valores crescentes na altura de inserção de espigas conforme as crescentes doses de N, no entanto foram utilizadas as doses entre 0 e 90 kg ha⁻¹, não obtendo o ponto de máxima eficiência. COSTA et al., (2012) analisando a adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema de plantio direto obteve na safra 2008/2009 um aumento na altura de inserção até a dose 10 kg ha⁻¹ e a partir desta ocorreu uma diminuição dessa altura, no entanto essa diferença não foi significativa.

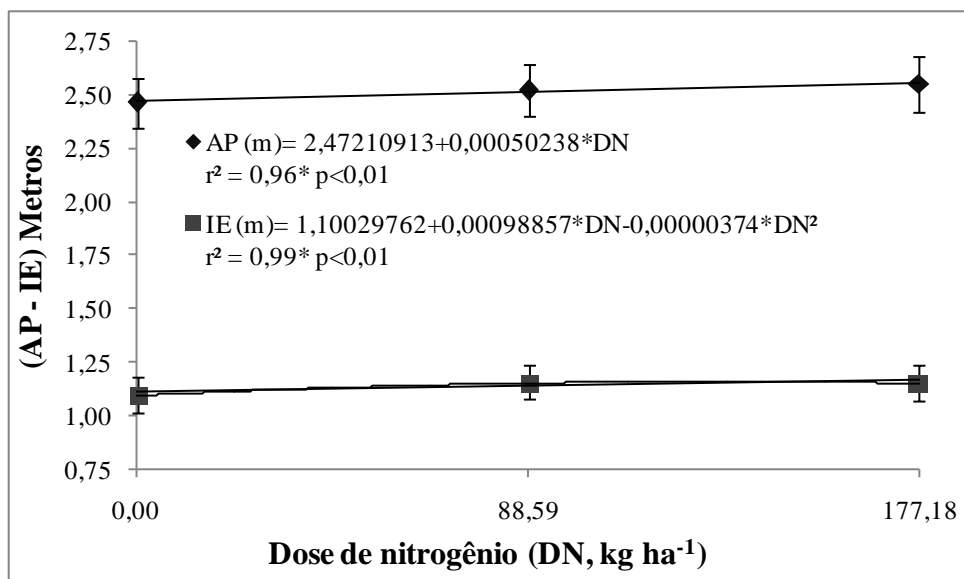


Figura 4. Efeito das doses de nitrogênio (DN) sobre a altura de plantas (AP) (Losango) e altura de inserção de espigas (IE) (Quadrado).

Para a variável diâmetro de colmo (Figura 5) ocorreu um aumento linear conforme as doses crescentes de N. Esse aumento no diâmetro do colmo é importante, pois colmos grossos tornam-se mais resistentes ao tombamento seja pelo vento, chuvas ou trânsito de máquinas (COSTA et al., 2012).

O diâmetro de espiga (DE) apresentado na Figura 5 obteve um aumento crescente até a dose de 88,59, no entanto com o aumento para a dose de 177,18 esse diâmetro diminuiu. Esta característica está amplamente relacionada com o enchimento de grãos e com o número de fileiras por espiga, sendo assim esse comportamento também pode ser observado no número de fileiras por espiga (Figura 6).

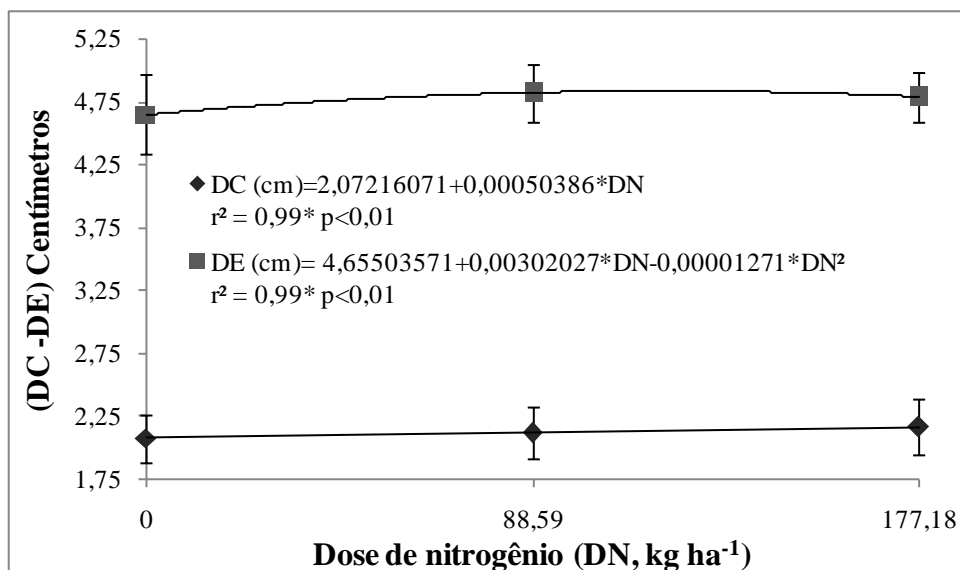


Figura 5. Efeito das doses de nitrogênio (DN) sobre o diâmetro de colmo (DC) (Losango) e diâmetro de espiga (DE) (Quadrado).

O número de fileiras e o número de grãos por fileira (Figura 6) apresentaram diferença significativa, apresentando um comportamento quadrático, ou seja, aumentando até a dose de 88,59 e diminuindo na dose de 177,18.

Quanto ao número de fileiras por espiga GOES et al. (2012), analisando o nitrogênio em cobertura para a cultura do milho em sistema de plantio direto, não obteve diferença significativa entre as doses que variaram entre 0 e 80 kg ha⁻¹.

Para o número de grãos por fileira SILVA et al. (2005), também obtiveram comportamento quadrático em função do aumento da dose de nitrogênio (0 60, 120 e 180 kg ha⁻¹). GOES et al. (2012) não obteve diferença significativa entre as doses de nitrogênio aplicadas (doses entre 0 e 80 kg ha⁻¹).

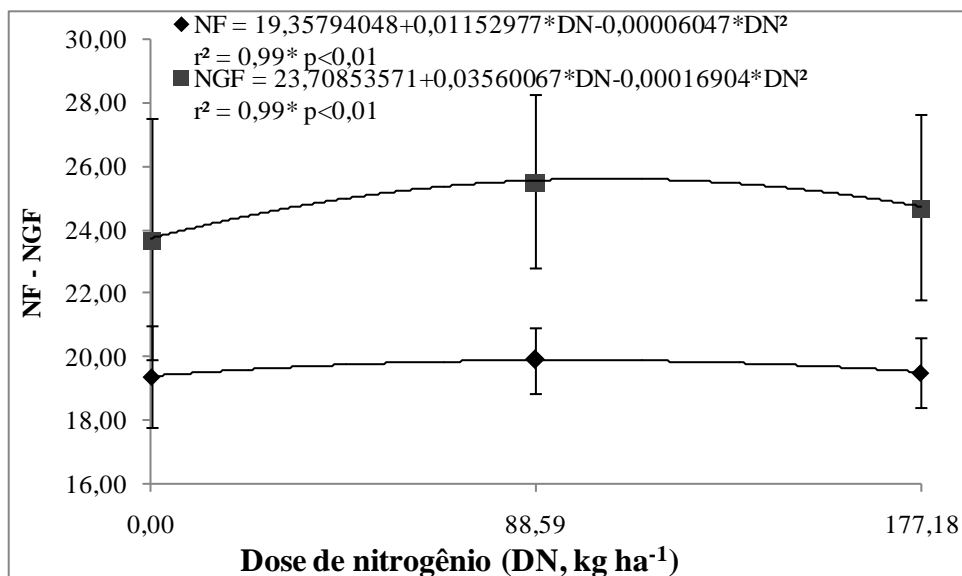


Figura 6. Efeito das doses de nitrogênio (DN) sobre o número de fileiras por espiga (NF) (Losango) e o número de grãos por fileira (NGF) (Quadrado).

Para a variável, comprimento de espiga (Figura 7), foi observado um comportamento quadrático em função das doses de nitrogênio, sendo crescente até a dose de 88,59 e decrescente entre a dose 88,59 e 177,18. O comprimento de espiga afeta a produtividade do milho, pois quanto maior seu comprimento possivelmente será maior o número de grãos a ser formado por fileira, essa característica é pouco influenciada pelas práticas culturais, sendo o genótipo o maior responsável pelo seu valor. ALBUQUERQUE et al. (2013) analisando plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto obteve um aumento linear do comprimento de espiga em função da dose crescente de nitrogênio (0 e 80 kg ha⁻¹).

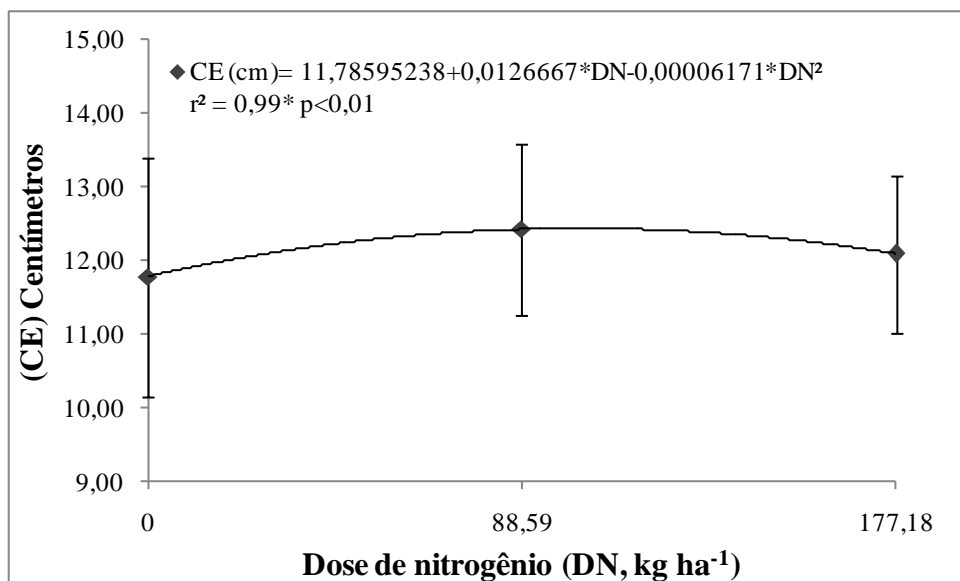


Figura 7. Efeito das doses de nitrogênio (DN) sobre o comprimento de espigas (CE) (Losango).

Conforme observamos na tabela 1, a média de proteína bruta foi de 7,27%, esse valor ficou abaixo do encontrado por VIANA et al. (2012) que obteve uma média de 8,6% de proteína em silagem de milho, no entanto estão de acordo com os valores encontrados por JAREMTCHUCK et al. (2005) e VILELA et al. (2008).

Para a proteína bruta (PB) (Tabela 3) houve interação dupla entre os resíduos culturais e a dose de nitrogênio. A variação do teor de PB para as diferentes culturas e cultivares dentro de cada um dos tratamentos com nitrogênio ocorre devido às características individuais de cada uma em produzir quantidades de resíduos diferentes. A quantidade de resíduos faz com que altere o nível de nutrientes disponível a cultura do milho e dessa forma proporcionando diferença na qualidade das plantas cultivadas sobre esses resíduos.

A resposta da proteína bruta da silagem de milho a interação entre os resíduos culturais e a dose de nitrogênio foi significativa (Tabela 3), sendo que para todos os resíduos culturais a média de PB foi maior quando utilizada a dose de 177,18 kg ha⁻¹, isso porque o nitrogênio possui grande importância no metabolismo das plantas, sendo um constituinte de

moléculas de proteína, dessa forma quanto maior a quantidade de nitrogênio maior o teor de proteína (MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 3. Média da interação dupla das diferentes culturas/cultivares com doses de nitrogênio (DN, kg ha⁻¹) para a variável matéria seca (PB, %). UFSM, Santa Maria, 2014.

| DN | Cultivar | | | | |
|--------|--------------|----------|-----------|------------|-------------|
| | MN 743 | BRS Cauê | Horizonte | Campo Real | Aveia Preta |
| | -----PB----- | | | | |
| 0 | 6,92 b A | 7,26 b A | 6,51 a B | 6,10 b B | 5,79 b B |
| 177,18 | 8,98 a A | 8,94 a A | 6,87 a B | 7,13 a B | 8,23 a A |

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

**Letras maiúsculas apresentadas na linha representam a interação das culturas/cultivares dentro das doses de nitrogênio. Letras minúsculas apresentadas na coluna representam a interação das doses de nitrogênio dentro das cultura/cultivares analisadas.

A fibra em detergente neutro (FDN) (Tabela 4) obteve média de 47,56%, valor abaixo dos encontrados por SILVA et al. (2005) que obtiveram media de 51,49 e SENGER et al. (2005) que obtiveram média de 50,6%. O valor do teor de FDN é importante na caracterização do valor nutritivo das forragens, sendo correlacionado negativamente com a digestibilidade da MS e com o consumo (RESTLE et al., 2000 e VAN SOEST, 1994).

Os resíduos culturais das diferentes culturas/cultivares proporcionaram diferentes teores de FDN, isso ocorre devido à diferença na quantidade de resíduo cultural que cada cultura e cultivar deixa sobre o solo. Segundo FERREIRA et al. (2009), cada genótipo apresenta comportamento diferenciado em relação a quantidade de resíduo na superfície do solo produzido pela cultura antecessora.

Tabela 4. Média das diferentes culturas/cultivares para a variável fibra em detergente neutro (FDN,%). UFSM, Santa Maria, 2014.

| Culturas/Cultivares | FDN |
|---------------------|---------|
| MN 743 | 47,47 b |
| BRS Cauê | 45,82 b |
| Horizonte | 50,64 a |
| Campo Real | 45,44 b |
| Aveia Preta | 48,43 a |

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

A variável altura de plantas (AP) (Tabela 5) apresentou uma média de 2,52 metros, essa é uma característica que pode ser influenciada pelo ambiente no qual a planta se desenvolve, alterando assim seu valor. PENARIOL et al. (2003) avaliando o comportamento de cultivares observou valores menores de altura de planta entre 1,80 e 2,15, esse menor valor se deve a característica genética da cultivar, já DARTORA et al. (2013), testando adubação nitrogenada associada a inoculação com diferentes bactérias obteve valor médio de 2,46 metros sendo próximo ao encontrado nesse trabalho.

Nesse trabalho, observou-se que a utilização da inoculação não influenciou significativamente sobre a variável altura de plantas (Tabela 4). LANA et al. (2012) também não verificaram, avaliando as respostas da cultura do milho à inoculação com *Azospirillum* associada à adubação nitrogenada, efeito da inoculação sobre a altura de planta. As bactérias diazotróficas proporcionam vantagens às plantas, no entanto a eficiência com que isso ocorre, muitas vezes, pode ser prejudicada em função de estarem associadas livremente à planta, seja na rizosfera ou no interior dos tecidos o que a torna vulnerável ao ambiente (GYANESHWAR et al., 2002); as características do solo têm sido associada a ausência de resposta à inoculação, assim como o genótipo da planta hospedeira (DOBBELAERE et al., 2002 e INIGUEZ et al., 2004).

Os diferentes resíduos culturais provenientes da cultura antecessora (Tabela 4), obteve diferença estatística para a altura de plantas, sendo a cultivar de trigo quartzo que proporcionou uma maior altura de plantas com uma média de 2,65 metros, na sequência as duas cultivares de cevada utilizadas apresentaram uma média maior, sendo superior as demais cultivares de trigo e também a cultivar de aveia preta. Esse comportamento diferenciado entre as culturas e cultivares pode ocorrer devido à relação C/N presente em cada resíduo cultural, fazendo com que esse material tenha maior ou menor taxa de decomposição e consequentemente alterando a taxa de liberação de nutrientes.

A variável inserção de espiga (IE) (Tabela 1) apresentou uma média de 1,14 metros, valor abaixo do encontrado por FIORENTIN et al. (2012) que obteve valores superiores a 1,40 metros, essa diferença de valor pode ocorrer devido a característica do cultivar. Para essa variável os diferentes resíduos culturais (Tabela 4) apresentaram diferença significativa sendo o trigo quartzo a cultivar que apresentou maior média não diferindo estatisticamente das cultivares de trigo Mirante, cevada BRS Cauê e MN 743, essa diferença ocorre devido a quantidade de resíduos que cada cultivar deixa sobre o solo assim como a qualidade desses resíduos.

Para o diâmetro de colmo (DC) (Tabela 5) foi obtido uma média de 2,12 cm, valor semelhante ao encontrado por FIORENTIN et al. (2012), que obteve valor de 2,19 cm, o colmo é a estrutura responsável pelo armazenamento de fotoassimilados que possivelmente serão translocados para a espiga, portanto quanto maior o diâmetro do colmo possivelmente maior será o tamanho da espiga. Para essa variável foi obtida diferença significativa quanto à inoculação, sendo que sem a utilização de inoculante obteve-se média de 2,14 e com inoculação 2,10, no entanto essa diferença não refletiu na produtividade da cultura.

Para a característica comprimento de espiga (CE) foi observada uma média de 12,10 cm valor abaixo do encontrado por RAGAGNIN et al. (2010) que obteve uma média de 14,02 cm. Para os diferentes resíduos culturais ocorreu diferença significativa sendo que a cultivar de trigo quartzo apresentou um maior comprimento de espiga com uma média de 12,74 cm não diferindo estatisticamente da cultivar de aveia preta e cevada MN 743, a diferença significativa entre as demais cultivares se deve a taxa de liberação de nutrientes dos resíduos que é absorvido pelas raízes e translocado para o desenvolvimento das partes da planta.

A variável diâmetro de espiga (DE) apresentou média de 4,76 cm, esse valor é próximo ao encontrado por OLIVEIRA et al. (2012), que utilizando diferentes doses de N e inoculação ou não, obteve valores médios para as doses de 0 N com inoculante de 4,63 dose

125 média de 4,61 e dose 250 de 4,85 cm, para o tratamento sem inoculação obteve as médias de 4,64, 4,66 e 4,38 respectivamente nas doses. A determinação do diâmetro de espiga ocorre na segunda semana após a emergência das plantas, onde inicia a formação dos primórdios da espiga, devido a isso esse valor pode variar conforme as condições climáticas nesse período. Nesse experimento os diferentes resíduos culturais obtiveram diferença significativa sendo que o trigo quartzo apresentou um maior diâmetro de espiga com uma média de 4,91 cm, não diferindo estatisticamente da cevada MN 743, o trigo horizonte foi o que apresentou menor média 4,62 não diferindo estatisticamente do trigo campo real e da cevada BRS Cauê ambos com média de 4,70.

A característica número de fileiras por espiga (NF) apresentou média de 19,59, essa média foi superior ao encontrado por DOURADO NETO et al. (2003) que obteve uma média de 14,54, essa variação pode ocorrer devida as condições climáticas que ocorreram no período de determinação dessa variável que ocorre na segunda semana após a emergência das plantas.

O número de fileiras por espiga obteve diferença significativa para a inoculação com uma média de 19,81 para o tratamento sem inoculação e 19,37 com inoculação, esse resultado pode ter sido influenciado pelo número de espigas avaliadas que possivelmente não foi o suficiente para caracterizar essa variável, no entanto, por essa característica ser determinada na segunda semana após a emergência das plantas possivelmente as bactérias não tenham efeito sobre essa variável.

Para os resíduos culturais também ocorreu diferença significativa para os tratamentos sendo o trigo quartzo que apresentou um maior número de fileiras, no entanto não diferindo estatisticamente das cultivares de trigo mirante e campo real assim como da cultivar de aveia preta e da cevada MN 743, essa diferença significativa possivelmente se deve a liberação inicial de nutrientes no momento da determinação do número de fileiras.

O número de grãos por fileira é uma característica importante para auxiliar na identificação de ocorrência de condições adversas ao bom desenvolvimento da planta. Nesse experimento foi obtida uma média de 24,65 essa média foi menor do que a encontrada por CARMO et al. (2012) que avaliando diferentes doses de N obteve médias que variaram conforme os tratamentos entre 37,5 e 39,5, o menor número de grãos por fileira obtidos nesse trabalho possivelmente tenha ocorrido devida a deficiência hídrica que ocorreu na fase de reprodutiva das plantas principalmente no momento em que ocorre o enchimento dos grãos onde é definido o valor dessa variável. Os diferentes resíduos culturais apresentaram diferença significativa, sendo o trigo quartzo que apresentou um maior número de grãos por fileira não diferindo estatisticamente da aveia preta e da cevada MN 743.

A produtividade de grãos é definida pelos componentes de rendimento, no entanto esses componentes são amplamente susceptíveis as condições adversas de clima e adubação, a deficiência de nutrientes no momento de determinação dos caracteres diminuem significativamente a produtividade, assim como o déficit hídrico que influencia vários componentes, principalmente o número de grãos por espiga. A produtividade de grãos nesse experimento obteve uma média de 4.900 kg ha⁻¹ essa média fica acima da média brasileira da safra 2011/2012 que é de 4.260 e a média do estado que é de 3.010 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012).

Nos tratamentos em que foi utilizada a inoculação a produtividade média de milho foi de 5.260 kg ha⁻¹ e, onde não foi utilizada a inoculação foram produzidos 4.540 kg ha⁻¹ obtendo-se, portanto um aumento significativo de 720 kg ha⁻¹, ou seja, 13,68% por consequência da inoculação. CAVALLET et al. (2000), avaliando a produtividade de milho com a utilização de inoculação com *Azospirillum* obtiveram uma média de 6.070 kg ha⁻¹ com um aumento de 17% na produtividade quando comparado aos tratamentos sem a inoculação. HUNGRIA et al. (2010) também obtiveram aumento na produtividade de milho, e conforme a

estirpe de *Azospirillum* brasileira avaliada, o aumento na produtividade variou entre 24 a 30%, correspondendo a 662 a 823 kg ha⁻¹.

A resposta positiva das plantas quando utilizada a inoculação com bactérias diazotróficas pode ser associada não apenas a promoção de substâncias promotoras de crescimento, mas também pode ser atribuído a proteção contra fitopatógenos, alteração da atividade metabólica através de efeitos sobre as membranas celulares (BASHAN et al., 2004), solubilização de fosfatos, aumento na resistência das plantas ao estresse hídrico e aumento da fixação biológica de nitrogênio (GRAY & SMITH, 2005). No entanto, é preciso considerar que o desempenho esperado com o uso de bactérias diazotróficas pode ser afetado pelas condições de cultivo, pois CAMPOS, THEISEN & GNATTA (2000) em trabalho com a utilização de inoculante não obteve resposta para rendimento de grãos, o que possivelmente deu-se em função da especificidade da bactéria ao genótipo avaliado.

Segundo ROESCH et al. (2006) a interação entre o milho e bactérias diazotróficas com relação ao potencial agrônomo, fixação de nitrogênio ou promoção do crescimento, depende de muitos fatores bióticos e ambientais, como o genótipo da planta, a comunidade microbiana presente no solo e disponibilidade de nitrogênio. Inicialmente acreditava-se que a associação entre as plantas e o *Azospirillum* tinha benefício essencialmente da fixação biológica de N₂, no entanto, estudos posteriores demonstraram que os efeitos positivos provenientes dessa associação foram derivados de alterações fisiológicas e morfológicas nas raízes das plantas inoculadas, proporcionando dessa forma uma maior absorção de água e nutrientes resultando em uma maior produtividade (MORAIS, 2012).

A massa de cem grãos (MCG) obteve uma média de 27,09 g (Tabela 1) valor próximo ao encontrado por KAPPES et al. (2013) que obteve média de 30,06 g. Essa variável importante componente de produtividade no milho, não apresentou influência significativa pela inoculação das sementes (Tabela 2) esse resultado também foi observado por

NOVAKOWISKI et al. (2011) que avaliando o efeito residual de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum* não obteve diferença significativa para o tratamento apenas com inoculação e o tratamento controle sem doses de N e sem inoculação.

A massa de cem grãos é o componente de produtividade menos afetado pelas variações nas práticas de manejo e adubação (BORRÁS & OTEGUI, 2001). No entanto, a massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, disponibilidade de nutrientes e também pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento de grãos (OHLAND et al., 2005). O resíduo de palhada apresentou diferença significativa sobre essa variável sendo que o resíduo de cevada MN 743 apresentou uma maior massa de cem grãos com média de 28,20 g não diferindo significativamente do trigo quartzo com média de 28,03 g.

O resíduo de palhada proporciona um comportamento diferenciado conforme as diferentes culturas e cultivares avaliadas, nas variáveis analisadas isso se deve ao fato de cada cultura possuir um comportamento diferenciado quanto a liberação de nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura sucessora, também é possível observar claramente que entre as diferentes cultivares esse comportamento também é diferenciado possivelmente devido a diferença entre as mesmas no momento da decomposição assim como o volume de palhada proveniente de cada uma dessas culturas e cultivares. Nesse trabalho foi possível observar que os melhores resultados na maioria dos caracteres avaliados foi obtido na cultivar de trigo quartzo e na cultivar de cevada MN 743.

Tabela 5. Média das diferentes culturas/cultivares e inoculadas ou não para os diferentes caracteres agrônômicos altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (IE), diâmetro de colmo (DC), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGF), produtividade de grãos (PG). UFSM, Santa Maria, 2014.

| Culturas/Cultivares | AP (m) | IE (m) | DC (cm) | CE (cm) |
|---------------------|---------|----------|----------|---------------------------|
| Trigo/Quartzo | 2,65 a | 1,18 a | 2,15 | 12,74 a |
| Trigo/Horizonte | 2,46 de | 1,12 b | 2,11 | 11,52 c |
| Trigo/Campo Real | 2,45 e | 1,11 b | 2,16 | 12,01 bc |
| Trigo/Mirante | 2,51 cd | 1,14 ab | 2,11 | 12,05 bc |
| Cevada/BRS Cauê | 2,54 bc | 1,15 ab | 2,09 | 11,84 bc |
| Cevada/MN 743 | 2,58 b | 1,15 ab | 2,10 | 12,21 ab |
| Aveia Preta | 2,43 e | 1,13 b | 2,10 | 12,35 ab |
| Com inoculação | 2,52 | 1,14 | 2,10 b | 11,97 |
| Sem inoculação | 2,52 | 1,13 | 2,14 a | 12,23 |
| Culturas/Cultivares | DE (cm) | NF | NGF | PG (kg ha ⁻¹) |
| Trigo/Quartzo | 4,91 a | 20,02 a | 26,18 a | 4,91 |
| Trigo/Horizonte | 4,62 d | 19,17 bc | 23,16 c | 4,51 |
| Trigo/Campo Real | 4,70 cd | 19,63 ab | 24,58 bc | 5,56 |
| Trigo/Mirante | 4,79 bc | 19,81 a | 24,53 bc | 4,79 |
| Cevada/BRS Cauê | 4,70 cd | 19,05 c | 23,91 bc | 4,52 |
| Cevada/MN 743 | 4,83 ab | 19,69 ab | 25,03 ab | 5,16 |
| Aveia Preta | 4,75 bc | 19,74 ab | 25,17 ab | 4,87 |
| Com inoculação | 4,74 | 19,37 b | 24,35 | 5,26 a |
| Sem inoculação | 4,77 | 19,81 a | 24,95 | 4,54 b |

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Duncan.

CONCLUSÃO

A utilização da inoculação com as bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* proporciona alterações nos componentes do rendimento e um aumento na produtividade de grãos. No entanto, não houve interação significativa entre a inoculação e as diferentes doses de nitrogênio. Os diferentes resíduos de palhada não apresentaram variação significativa na produtividade de grãos. Os tratamentos de inoculação, doses de N e resíduos culturais utilizados afetam a qualidade da silagem, interferindo no teor de proteínas, fibra em detergente neutro e na matéria seca da silagem, não interferindo no teor de cinzas da mesma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; MOURA FILHO, G.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.7, p.721–726, 2013. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v17n07/v17n07a05.pdf>>. Acesso em: 11 de ago. 2013.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v26n1a25.pdf>>. Acesso em: 18 de ago. 2013.

AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

BALANCHADAR, D.; RAJA, P.; KUMAR, K.; SUNDARAM, S. P. Non-rhizobial nodulation in legumes. **Biotechnology and Molecular Biology Review**, v.2, n.2, p. 49-57, 2007. Disponível em: <<http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/blog/admin/images/upfiles/200710228352817366.pdf>>. Acesso em: 18 de ago. 2013.

BARTCHECHEN, A.; FIORI, C. C. L.; WATANABE, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Campo Digital**, v.5, p.56-59, 2010.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. *Azospirillum plant* relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, p.521-577, 2004. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/w04-035#.UvTQsYtTvIU>>. Acesso em: 10 de ago. 2013.

BIANCHET, P.; SANGOI, L.; KLAUBERG FILHO, O.; MIQUELLUTI, D. J.; FERREIRA, M. A.; VIEIRA, J. Formulações simples e mista de inoculantes com bactérias diazotróficas, sob diferentes doses de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.2555-2566, 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/11692>>. Acesso em: 15 de ago. 2013.

BORRÁS, L.; OTEGUI, M. E. Maize kernel weight response to post-flowering source-sink ratio. **Crop Science**, v.41, n.6, p.1816-1822, 2001. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/42/3/781>>. Acesso em: 15 de ago. 2013.

CAMPOS, B. H. C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Avaliação de inoculante Graminante na cultura do milho. **Ciência Rural**, v.30, n.4, p.713-715, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v30n4/a26v30n4.pdf>>. Acesso em: 15 de ago. 2013.

CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; ADORIAN, G. C.; RODRIGUES, H. V. M.; MELO, A. V.; PIRES, L. P. M.; CANCELLIER, E. L. Adubação orgânica na linha de semeadura no desenvolvimento e produtividade do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.2, p.527-540, 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/3825>>. Acesso em: 10 de ago. 2013.

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays convar. Saccharata var. rugosa*). **Bioscience Journal**, v.28, n.1, p.223-231, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13246>>. Acesso em: 10 de ago. 2013.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum spp.* **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.129-132, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662000000100024&script=sci_arttext>. Acesso em: 8 de ago. 2013.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2012/13. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 setembro. 2013.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.8, p.1038-1047, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n8/47n08a03.pdf>>. Acesso em: 12 de ago. 2013.

DARTORA, J. GUAMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1023-1029, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n10/01.pdf>>. Acesso em: 28 de ago. 2013.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. Irakense* strain on development and nitrogen up take of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, p.284-297, 2002.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.63-77, 2003. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/viewArticle/72>>. Acesso em: 20 de ago. 2013.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E. J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 161-171, 2008. Disponível em: <<http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/IsisScript=SCBR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=019470>>. Acesso em: 17 de ago. 2013.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico**. Campinas: Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997. 258p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FANCELLI, A. L. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute Brazil, 2010. p.1-16. (Informações Agronômicas, 131).

FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; BRIEDIS, C.; FIGUEIREDO, A. G. Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia preta e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.173-179, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n2/v44n02a09.pdf>>. Acesso em: 26 de ago. 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises estatísticas e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D.; JARDIM, C. A. Influência da consorciação com *Brachiaria ruziziensis* e do nitrogênio residual na cultura do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.18, p.184-192, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?pid=S0871-018X2012000100018&script=sci_arttext>. Acesso em: 22 de ago. 2013.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; VILELA, R. G. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.) em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p.169-177, 2012. Disponível em: <<http://rbms.cnpm.embrapa.br/index.php/ojs/article/viewArticle/379>>. Acesso em: 11 de ago. 2013.

GOMES, F. P., GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extra cellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, p.395-412, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071704003608>>. Acesso em: 15 de ago. 2013.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.387-393, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v30n3/v30n3a01.pdf>>. Acesso em: 29 de ago. 2013.

GYANESHWAR, P.; KUMAR, G. N.; PAREKH, L. J.; POOLE, P. S. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant Soil**, v.245, p.83-93, 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023/A:1020663916259#page-1>>. Acesso em: 22 de ago. 2013.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, n. 38, p. 43-58, 2009.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo.** Londrina: Embrapa Soja, 2011. 37p. (Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. S.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n.1/2, p.413-425, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11104-009-0262-0#page-1>>. Acesso em: 10 de ago. 2013.

INIGUEZ, A. L.; DONG, Y; TRIPLETT, E. W. Nitrogen fixation in whea provided by *Klebsiella pneumoniae* 342. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v.17, p.1078-1085, 2004. Disponível em: <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/MPMI.2004.17.10.1078>>. Acesso em: 25 de jul. 2013.

JAREMTCHUK, A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M. T.; KOZLOWSKI, L. A.; COSTA, C.; MADEIRA, H. M. F. Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, v.27, p.181-188, 2005. Disponível em: <<http://edueojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/1220>>. Acesso em: 05 de ago. 2013.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BEM, E. A. D.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.2, p.527-538, 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/9086>>. Acesso em: 29 de jul. 2013.

LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v.59, p.399-405, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2012000300016&script=sci_arttext>. Acesso em: 05 de ago. 2013.

LANA, M. C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.3, p.433-438, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asagr/v31n3/a10v31n3.pdf>>. Acesso em: 05 de ago. 2013.

LARA CABEZAS, W. R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. C.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v.34, p.1005-1013, 2004. Disponível em: <<http://www.scientificcircle.com/pt/97532/influencia-cultura-antecessora-adubacao-nitrogenada-milho/>>. Acesso em: 13 de ago. 2013.

LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.1, p.10-17, 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/19218>>. Acesso em: 02 de set. 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MARTINS, C. R.; PEREIRA, P. A. P.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a Importância na Química da Atmosfera. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n.5, p.28-41, 2003.

MCALLISTER, C. H.; BEATTY, P. H.; GOOD, A. G. Engineering nitrogen use efficient crop plants: the current status. **Plant Biotechnology Journal**, v.10, p.1011-1025, 2012. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-7652.2012.00700.x/full>>. Acesso em: 5 de set. 2013.

MORAIS, T. P. **Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em híbridos de milho**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

NEUMANN, M.; OST, P. R.; PELLEGRINE, L. G.; DEFAVETI, F. J. Comportamento de híbridos de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para silagem na região centro-sul do Brasil. **Revista do setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.4, p.237-251, 2008. Disponível em: <<http://web01.unicentro.br/revistas/index.php/ambiencia/article/viewArticle/165>>. Acesso em: 5 de ago. 2013.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.1687-1698, 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/4400>>.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.3, p.538-544, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n3/a05.pdf>>. Acesso em: 29 de ago. 2013.

OLIVEIRA, M. A.; ZUCARELI, C.; SPOLAOR, L. T.; DOMINGUES, A. R.; FERREIRA, A. S. Desempenho agrônomico do milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1040-1046, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n10/a02.pdf>>. Acesso em: 12 de ago. 2013.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.52-60, 2003. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/viewArticle/59>> Acesso em: 18 de ago. 2013.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, p.257-266, 2011. Disponível em:

<<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/viewArticle/355>>. Acesso em: 21 de ago. 2013.

RAGAGNIN, V. A.; SENA JÚNIOR, D. G.; KLEIN, V.; LIMA, R. S.; COSTA, M. M.; OLIVEIRA NETO, O. V. Adubação nitrogenada em milho safrinha sob plantio direto em Jataí – GO. **Global Science and Technology**, v.3, n.2, p.70-77, 2010. Disponível em: <<http://rioverde.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/gst/article/viewArticle/159>>. Acesso em: 16 de ago. 2013.

RAMPIM, L.; COSTA, A. C. P. R.; NACKE, H.; KLEIN, J.; GUIMARÃES, V. F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.4, p.678-685, 2012.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documentos, 232).

RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; FLORES, J. L. C. Palha de soja (Glicine Max) como substituto parcial da silagem de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de terneiros de corte confinados. **Ciência Rural**, v.30, n.2, p.319-324, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v30n2/a20v30n2.pdf>>. Acesso em: 12 de ago. 2013.

ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. P. M.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S de; CAMARGO, F. A. O. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen-supply. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.22, n.9, p.967-974, 2006. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11274-006-9142-4#page-1>>. Acesso em: 22 de ago. 2013.

ROLAS-Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

SENGER, C. C. D.; MÜHLBACH, P. R. F.; SANCHEZ, B. L. M.; PERES NETTO, D.; LIMA, L. D. Composição química e digestibilidade 'in vitro' de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, v.35, p.1393-1399, 2005.

SILVA, A. V.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; FERREIRA, C. L. L. F. Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de silagens de milho e sorgo tratadas com inoculantes microbianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1881-1890, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v34n6/27240.pdf>>. Acesso em: 13 de ago. 2013.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002, 235p.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005. Disponível em:

<<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?f=2008/XS/XS0804.xml;XS2005240305>>. Acesso em: 27 de ago. 2013.

SOUZA, R. A.; TELLES, T. S.; MACHADO, W.; HUNGRIA, M.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F. Effects of sugar cane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.155, p.1-6, 2012.

ULGER, A. C.; BECKER, A. C.; KHANT, G. Response of maize inbred lines and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.159, n.3, p.157-163, 1995.

VAN SOEST, P. J. **Nutrition alecology ofther uminant**. 2nd ed. Ithaca New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597. 1991. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030291785512>>. Acesso em: 22 de ago. 2013.

VIANA, P. T.; PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, L. B.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T.; NASCIMENTO FILHO, C. S.; CARVALHO, A. O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.2, p.292-297, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v41n2/a09v41n2.pdf>>. Acesso em: 13 de ago. 2013.

VILELA, H. H., REZENDE, A. V.; VIEIRA, P. F.; ANDRADE, G. A.; EVANGELISTA, A. R.; ALMEIDA, G. B. Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1192-1199, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37n7/08.pdf>>. Acesso em: 25 de ago. 2013.

CAPÍTULO III - DECOMPOSIÇÃO DE DIFERENTES RESÍDUOS CULTURAIS EM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E APLICAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

Resumo – A liberação de nutrientes de resíduos culturais através da decomposição constitui uma importante alternativa para a diminuição dos custos de produção de uma lavoura. Com isso objetivou-se com esse trabalho obter uma caracterização da decomposição dos macronutrientes de diferentes culturas/cultivares, sob a influência de diferentes doses de nitrogênio e aplicação de inoculante a base de *Azospirillum*. O experimento foi conduzido na área do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, sendo que os tratamentos foram constituídos de sete culturas/cultivares (quatro cultivares de trigo, duas cultivares de cevada e aveia preta), três doses de nitrogênio (sem aplicação; 88,59 e 177,18 kg de N ha⁻¹) e com ou sem aplicação de *Azospirillum brasilense*. A inoculação apresentou efeito significativo na decomposição da matéria seca. As cultura/cultivares e a dose de N não obtiveram influência apenas na porcentagem de K e na quantidade de K por hectare, para as demais características avaliadas todas foram significativas. A liberação de nutrientes é influenciada pela época de retirada do material sendo mais rápida em algumas e mais lenta em outras.

Palavras chave: ciclagem de nutrientes, bactérias diazotróficas, sistema plantio direto

CHAPTER III - BREAKDOWN OF DIFFERENT CULTURAL WASTE IN DIFFERENT DOSES OF NITROGEN AND APPLICATION OF *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

Abstract - The release of nutrients from crop residues through decomposition is an important alternative to reduce the cost of producing a crop. With that aimed to get a job with this characterization of the decomposition of the macronutrients of different crops / cultivars, under the influence of different nitrogen levels and application of *Azospirillum* inoculant base. The experiment was conducted at the Department of Plant Science, Federal University of Santa Maria area. The design was a randomized block, and the treatments were seven crops/cultivars (four cultivars of wheat, two varieties of barley and oats), three nitrogen (without application; 88,59 and 177,18 kg N ha⁻¹) and with or without the application of *Azospirillum brasilense*. Inoculation significant effect on the decomposition of dry matter. The crop / cultivars and N rates had not only influences the percentage of K and the amount of K per hectare for the other characteristics evaluated were all significant. The release of nutrients is influenced by the time of removal of the material being faster for some and slower in others.

Keywords: nutrient cycling, diazotrophs, tillage

INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) possui a característica de manter os resíduos culturais na superfície do solo e constitui importante técnica para a manutenção e recuperação da

capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente (TORRES et al., 2008). Porém a eficácia desse sistema está relacionada com a presença e manutenção dos resíduos culturais, sendo de fundamental importância a produção de resíduos com decomposição mais lenta, e dessa forma que mantenham o solo protegido por mais tempo (CERETTA et al., 2002)

A caracterização da decomposição de resíduos culturais de plantas utilizadas no outono/inverno em sistema de plantio direto vem sendo amplamente estudado por pesquisadores em função da importância da liberação destes nutrientes para a cultura sucessora, de modo a otimizar o aporte de material orgânico e nutrientes bem como proteger o solo dos processos erosivos (AITA & GIACOMINI, 2003 e MARCELO et al., 2009). No entanto, é necessário selecionar plantas de cobertura com maior potencial em produzir fitomassa e acumular carbono (C) e nitrogênio (N), assim como, conhecer a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes (DONEDA et al., 2012).

As leguminosas quando usadas como cultura solteira possuem decomposição rápida mesmo em sistema plantio direto, resultando em um assincronismo entre a liberação de nitrogênio e demais nutrientes com a demanda da cultura em sucessão. Essa elevada taxa de decomposição das leguminosas é resultante da baixa relação C/N de seus resíduos culturais, contribuindo dessa forma na diminuição da eficiência na manutenção da umidade e na proteção do solo contra a erosão (COLLIER, et al., 2012).

As gramíneas possuem decomposição lenta devido a alta relação C/N, e dessa forma permanecendo durante um período maior sobre o solo mantendo a umidade e evitando a erosão por mais tempo. No entanto no início da decomposição as gramíneas necessitam de uma maior imobilização de nutrientes principalmente o nitrogênio pois a quantidade deste nutriente disponível na palhada não é adequada para a microbiota decompositora, isso implica na diminuição da disponibilidade de alguns nutrientes para as culturas sucessoras (CALVO et al., 2010).

A fim de aumentar a disponibilidade de nitrogênio para a planta sucessora e dessa forma diminuir os efeitos causados pela demanda principalmente desse nutriente para a decomposição dos resíduos vegetais de gramíneas, vem sendo utilizada a inoculação com bactérias diazotróficas sendo o gênero mais estudado o *Azospirillum*, essa bactéria é capaz de fazer fixação biológica de nitrogênio em gramíneas (RODRIGUES et al., 2014).

A decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de gramíneas é um aspecto relativamente pouco estudado, assim como o efeito da utilização de bactérias diazotróficas, o que evidencia a necessidade de intensificar os trabalhos nessa área.

Objetivou-se com esse trabalho obter uma caracterização da decomposição dos macronutrientes de diferentes culturas/cultivares, sob a influência de diferentes doses de nitrogênio e aplicação de inoculante a base de *Azospirillum*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, situada à latitude de 29° 43' 04 Sul e longitude de 53° 44' 01 Oeste e altitude média de 116 metros. O solo é classificado como Gleissolo Háplico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), o terreno possui topografia plana. O clima local, segundo a classificação climática de Köppen, pertence ao tipo fundamental Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (HELDWEIN; BURIOL & STRECK, 2009).

A implantação do experimento no inverno foi realizada no dia 01 de junho de 2012, no delineamento de blocos completamente ao acaso, e os tratamentos foram distribuídos em um fatorial (resíduos culturais x manejo nitrogenado x inoculação), com três repetições. As culturas utilizadas no inverno foram, trigo (*Triticum aestivum*), cevada (*Hordeum vulgare* sp.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb).

As cultivares de trigo utilizadas foram: Fundacep Horizonte, Quartzo (OR/Biotrigo), Mirante (OR/Biotrigo), de ciclos médio, e a cultivar Campo Real de ciclo precoce, duas cultivares de cevada, a BRS Cauê e a MN BRS 225 sendo elas de ciclo médio e precoce, respectivamente, e uma cultivar de aveia preta (cultivar Moreninha).

O solo foi preparado por meio do sistema de plantio convencional, com dessecação da área 15 dias anteriores à semeadura. A adubação de base foi realizada segundo as análises do solo e indicações para cada cultura assim como a adição de N em cobertura, baseada com as recomendações e tratamentos utilizados (ROLAS, 2004). A semeadura foi realizada com semeadora de plantio direto para cereais de inverno. Para todas as culturas e cultivares foi usado um espaçamento 0,20 m entre fileiras e 0,04 m de profundidade, com uma densidade de 350 sementes m⁻² (EMBRAPA, 2012). A parcela experimental no inverno foi formada com 2 m de largura e 4,5 m de comprimento. Os tratamentos culturais, como controle de insetos, doenças e plantas invasoras, foram realizados sempre que necessários, conforme as indicações técnicas da cultura, de forma a evitar o estresse por estes fatores bióticos.

Após a senescência das culturas de inverno, foi implantada a cultura de verão, onde utilizou-se a cultura do milho (*Zea mays* L.), sendo utilizado o híbrido P1630H. A semeadura foi realizada em plantio direto sobre os resíduos das culturas de inverno, no dia 15 de novembro de 2012. As parcelas seguiram o mesmo formato utilizado para as culturas de inverno e foram instalados exatamente sobre as mesmas, sendo que para a cultura do milho foram utilizadas quatro fileiras por parcela correspondente ao inverno, sendo esta parcela subdividida entre inoculada e não inoculada, espaçadas a 0,5 m e com comprimento de 4,5m, com aplicação de nitrogênio em cobertura em diferentes doses por parcela (sem aplicação; 88,59 e 177,18 kg ha⁻¹ de N).

Para a avaliação da liberação de nutrientes da cultura antecessora, foi utilizado sacolas de náilon (“litter bags”) com malha de 2mm de abertura, nas dimensões de 0,20x0,20 m,

seguindo o modelo proposto por THOMAS & ASAKAWA (1993). As sacolas foram colocadas na superfície do solo, entre as linhas da parcela. Cada sacola recebeu 10 gramas de resíduo (palhada) das plantas de cobertura. As amostragens foram realizadas em intervalos de 17 dias durante 85 dias, totalizando 5 litter bags por parcela. Após cada coleta foi retirado à amostra do litter bag e removido o excesso de terra em água corrente, e então colocada essa amostra em sacos identificados para secar em estufa, após a secagem foi realizada a pesagem para avaliar a perda de massa seca, em seguida a amostra foi triturada em moinho e então realizadas as análises de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), obtendo-se assim os valores de liberação de nutrientes durante os diferentes períodos. Após a obtenção das quantidades remanescentes de nutrientes existentes nas sacolas de decomposição em cada época, os resultados foram submetidos a análise de variância e então encontrados a equação e seus coeficientes de determinação. Os dados foram tabulados e analisados estatisticamente com o auxílio do programa estatístico SOC – NTIA (EMBRAPA,1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o resumo da análise de variância (Tabela 1) observa-se que a interação entre os quatro fatores avaliados foi significativa para as variáveis porcentagem de Mg e Mg (kg ha^{-1}). A interação tripla entre a cultura/cultivar a inoculação e a dose de nitrogênio apresentou efeito significativo para as variáveis matéria seca, porcentagem de nitrogênio e fósforo e para a quantidade de fósforo por hectare, a interação tripla entre a cultura/cultivar a dose de N e a época foi significativa apenas para a variável quantidade de potássio por hectare. Analisando as interações duplas entre as doses de N e a época é possível observar que apenas o cálcio obteve efeito significativo seja a porcentagem ou a quantidade por hectare, já na interação entre as culturas/cultivares e a dose de N a significância foi observada para a quantidade de nitrogênio por hectare e a porcentagem de potássio.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV), cultura/cultivares (CVS), dose de nitrogênio (DN), inoculação (INO), época (E) e interações, graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), nível mínimo significativo (PR>F), para as variáveis massa seca (MS, kg ha⁻¹), porcentagem de nitrogênio (N, %), nitrogênio (N, kg ha⁻¹), porcentagem de fósforo (P, %), fósforo (P, kg ha⁻¹), porcentagem de potássio (K, %), potássio (K, kg ha⁻¹), porcentagem de cálcio (Ca, %), cálcio (Ca, kg ha⁻¹), porcentagem de magnésio (Mg, %), magnésio (Mg, kg ha⁻¹). UFSM, Santa Maria, 2014.

| FV | Gl | MS (kg ha ⁻¹) | | N (%) | | N (kg ha ⁻¹) | | P (%) | |
|-----------|-----|---------------------------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|
| | | QM | PR>F | QM | PR>F | QM | PR>F | QM | PR>F |
| CVS (A) | 6 | 501.576,720 | 0,000 | 0,383 | 0,000 | 52,999 | 0,012 | 0,049 | 0,000 |
| DN (C) | 2 | 1.224.286,986 | 0,000 | 5,834 | 0,000 | 1.048,122 | 0,000 | 0,027 | 0,000 |
| INO (D) | 1 | 237.300,840 | 0,003 | 0,051 | 0,370 | 0,083 | 0,947 | 0,003 | 0,073 |
| Época (E) | 4 | 14.765.354,175 | 0,000 | 1,004 | 0,000 | 766,562 | 0,000 | 0,043 | 0,000 |
| A*C | 12 | 97.055,119 | 0,000 | 0,226 | 0,000 | 62,760 | 0,000 | 0,002 | 0,001 |
| A*D | 6 | 47.543,499 | 0,089 | 0,217 | 0,003 | 38,871 | 0,059 | 0,002 | 0,070 |
| A*E | 24 | 51.155,315 | 0,006 | 0,058 | 0,568 | 20,086 | 0,381 | 0,002 | 0,001 |
| C*D | 2 | 116.828,221 | 0,011 | 0,021 | 0,714 | 43,804 | 0,100 | 0,001 | 0,378 |
| C*E | 8 | 70.957,250 | 0,006 | 0,080 | 0,268 | 28,894 | 0,147 | 0,001 | 0,833 |
| D*E | 4 | 2.907,879 | 0,977 | 0,132 | 0,084 | 42,302 | 0,065 | 0,001 | 0,451 |
| A*C*D | 12 | 76.260,602 | 0,001 | 0,164 | 0,003 | 32,268 | 0,067 | 0,002 | 0,003 |
| A*C*E | 48 | 15.466,999 | 0,975 | 0,066 | 0,414 | 23,063 | 0,172 | 0,001 | 0,569 |
| C*D*E | 8 | 5.392,183 | 0,988 | 0,049 | 0,623 | 15,443 | 0,582 | 0,001 | 0,806 |
| A*C*D*E | 72 | 16.083,426 | 0,984 | 0,057 | 0,684 | 16,557 | 0,717 | 0,001 | 0,078 |
| Resíduo | 420 | 25.346,730 | | 0,063 | | 18,714 | | 0,001 | |
| Média | | 1.798,73 | | 0,81 | | 14,17 | | 0,09 | |
| CV | | 8,85 | | 31,11 | | 30,5 | | 29,17 | |

| FV | Gl | P (kg ha ⁻¹) | | K (%) | | K (kg ha ⁻¹) | | Ca (%) | |
|-----------|-----|--------------------------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|--------|-------|
| | | QM | PR>F | QM | PR>F | QM | PR>F | QM | PR>F |
| CVS (A) | 6 | 10,765 | 0,000 | 0,024 | 0,309 | 12,180 | 0,196 | 0,675 | 0,000 |
| DN (C) | 2 | 2,854 | 0,000 | 0,019 | 0,374 | 4,361 | 0,594 | 0,516 | 0,000 |
| INO (D) | 1 | 0,210 | 0,419 | 0,026 | 0,250 | 7,623 | 0,341 | 0,060 | 0,233 |
| Época (E) | 4 | 37,834 | 0,000 | 3,001 | 0,000 | 1409,830 | 0,000 | 9,722 | 0,000 |
| A*C | 12 | 0,894 | 0,002 | 0,036 | 0,048 | 16,432 | 0,031 | 0,063 | 0,128 |
| A*D | 6 | 0,335 | 0,398 | 0,027 | 0,225 | 11,890 | 0,208 | 0,022 | 0,772 |
| A*E | 24 | 1,228 | 0,000 | 0,020 | 0,426 | 9,593 | 0,298 | 0,163 | 0,000 |
| C*D | 2 | 0,909 | 0,061 | 0,033 | 0,187 | 12,231 | 0,234 | 0,028 | 0,507 |
| C*E | 8 | 0,290 | 0,512 | 0,032 | 0,122 | 12,658 | 0,156 | 0,207 | 0,000 |
| D*E | 4 | 0,244 | 0,550 | 0,033 | 0,149 | 14,785 | 0,137 | 0,038 | 0,459 |
| A*C*D | 12 | 0,895 | 0,002 | 0,027 | 0,177 | 11,715 | 0,170 | 0,054 | 0,231 |
| A*C*E | 48 | 0,362 | 0,284 | 0,028 | 0,052 | 12,177 | 0,045 | 0,055 | 0,099 |
| C*D*E | 8 | 0,234 | 0,662 | 0,029 | 0,167 | 11,166 | 0,229 | 0,014 | 0,942 |
| A*C*D*E | 72 | 0,430 | 0,066 | 0,021 | 0,367 | 8,363 | 0,486 | 0,046 | 0,285 |
| Resíduo | 420 | 0,320 | | 0,020 | | 8,341 | | 0,042 | |
| Média | | 1,79 | | 0,14 | | 2,93 | | 0,31 | |
| CV | | 31,57 | | 97,83 | | 98,28 | | 66,87 | |

Continuação da Tabela 1...

| FV | GI | Ca (kg ha ⁻¹) | | Mg (%) | | Mg (kg ha ⁻¹) | |
|-----------|-----|---------------------------|-------|--------|-------|---------------------------|-------|
| | | QM | PR>F | QM | PR>F | QM | PR>F |
| CVS (A) | 6 | 134,678 | 0,000 | 0,457 | 0,000 | 113,723 | 0,000 |
| DN (C) | 2 | 97,388 | 0,000 | 0,197 | 0,000 | 33,692 | 0,000 |
| INO (D) | 1 | 6,378 | 0,459 | 0,003 | 0,541 | 0,008 | 0,959 |
| Época (E) | 4 | 2183,646 | 0,000 | 0,493 | 0,000 | 441,857 | 0,000 |
| A*C | 12 | 17,929 | 0,113 | 0,009 | 0,353 | 4,814 | 0,132 |
| A*D | 6 | 6,528 | 0,758 | 0,007 | 0,531 | 3,098 | 0,453 |
| A*E | 24 | 32,768 | 0,000 | 0,040 | 0,000 | 19,126 | 0,000 |
| C*D | 2 | 7,255 | 0,536 | 0,005 | 0,554 | 2,791 | 0,422 |
| C*E | 8 | 57,403 | 0,000 | 0,017 | 0,048 | 9,301 | 0,005 |
| D*E | 4 | 8,356 | 0,578 | 0,009 | 0,326 | 2,415 | 0,559 |
| A*C*D | 12 | 14,911 | 0,231 | 0,011 | 0,171 | 4,863 | 0,126 |
| A*C*E | 48 | 15,854 | 0,079 | 0,014 | 0,012 | 5,712 | 0,005 |
| C*D*E | 8 | 3,911 | 0,950 | 0,006 | 0,599 | 2,198 | 0,706 |
| A*C*D*E | 72 | 13,624 | 0,202 | 0,012 | 0,039 | 4,470 | 0,048 |
| Resíduo | 420 | 11,571 | | 0,008 | | 3,220 | |
| Média | | 5,14 | | 0,22 | | 4,13 | |
| CV | | 66,18 | | 40,98 | | 43,42 | |

As variáveis quantidade de Mg por hectare e porcentagem de Mg que apresentaram interação entre os quatro fatores analisados (Tabela 2 e 3) obtiveram respectivamente médias de 4,13 e 0,22 (Tabela 1). Segundo Marschner (1995), 70% do Mg atua no vacúolo, essa porção é rapidamente liberada pois não faz parte dos constituintes celulares. O restante do Mg (30%) é liberado de forma mais lenta posteriormente, pois faz parte de compostos estruturais das plantas.

Tabela 2. Equação e coeficientes de determinação para a interação entre os quatro fatores analisados (cultura/cultivar x dose de N x inoculação x época) para a variável magnésio (Mg, kg ha⁻¹). UFSM, Santa Maria, 2014.

| Cultura/Cultivar | Dose N | Inoculação | Época |
|-------------------------------------|--------|------------|--|
| -----Mg (kg ha ⁻¹)----- | | | |
| Trigo/Quartzo | 0 | Sem | $y = -8E-08x^4 + 2E-05x^3 - 0,001x^2 + 0,036x - 0,281$ $r^2 = 0,341$ |
| Trigo/Quartzo | 0 | Com | $y = 3E-07x^4 - 7E-05x^3 + 0,005x^2 - 0,153x + 1,714$ $r^2 = 0,691$ |
| Trigo/Quartzo | 88,89 | Sem | $y = 2E-07x^4 - 3E-05x^3 + 0,002x^2 - 0,052x + 0,603$ $r^2 = 0,326$ |
| Trigo/Quartzo | 88,59 | Com | $y = -2E-08x^4 + 5E-06x^3 - 0,000x^2 + 0,009x + 0,115$ $r^2 = 0,073$ |
| Trigo/Quartzo | 177,18 | Sem | $y = 4E-07x^4 - 9E-05x^3 + 0,006x^2 - 0,215x + 2,566$ $r^2 = 0,800$ |
| Trigo/Quartzo | 177,18 | Com | $y = 3E-07x^4 - 7E-05x^3 + 0,005x^2 - 0,174x + 2,175$ $r^2 = 0,710$ |
| Trigo/Horizontal | 0 | Sem | $y = 4E-07x^4 - 7E-05x^3 + 0,004x^2 - 0,136x + 1,457$ $r^2 = 0,624$ |
| Trigo/Horizontal | 0 | Com | $y = 4E-07x^4 - 8E-05x^3 + 0,006x^2 - 0,178x + 2,070$ $r^2 = 0,702$ |
| Trigo/Horizontal | 88,89 | Sem | $y = 2E-07x^4 - 4E-05x^3 + 0,002x^2 - 0,079x + 1,093$ $r^2 = 0,382$ |
| Trigo/Horizontal | 88,59 | Com | $y = -2E-07x^4 + 4E-05x^3 - 0,002x^2 + 0,066x - 0,25$ $r^2 = 0,263$ |
| Trigo/Horizontal | 177,18 | Sem | $y = 5E-07x^4 - 1E-04x^3 + 0,007x^2 - 0,204x + 2,329$ $r^2 = 0,491$ |
| Trigo/Horizontal | 177,18 | Com | $y = 2E-07x^4 - 4E-05x^3 + 0,002x^2 - 0,082x + 1,166$ $r^2 = 0,435$ |
| Trigo/Campo real | 0 | Sem | $y = 1E-08x^4 - 7E-06x^3 + 0,000x^2 - 0,038x + 0,761$ $r^2 = 0,394$ |
| Trigo/Campo real | 0 | Com | $y = 4E-07x^4 - 8E-05x^3 + 0,005x^2 - 0,144x + 1,485$ $r^2 = 0,586$ |
| Trigo/Campo real | 88,89 | Sem | $y = 5E-07x^4 - 1E-04x^3 + 0,006x^2 - 0,186x + 1,983$ $r^2 = 0,755$ |
| Trigo/Campo real | 88,59 | Com | $y = -3E-08x^4 + 1E-05x^3 - 0,001x^2 + 0,044x - 0,302$ $r^2 = 0,478$ |
| Trigo/Campo real | 177,18 | Sem | $y = 4E-07x^4 - 9E-05x^3 + 0,006x^2 - 0,190x + 2,178$ $r^2 = 0,694$ |
| Trigo/Campo real | 177,18 | Com | $y = 3E-07x^4 - 6E-05x^3 + 0,004x^2 - 0,119x + 1,439$ $r^2 = 0,440$ |
| Trigo/Mirante | 0 | Sem | $y = 1E-08x^4 + 2E-06x^3 - 0,000x^2 + 0,020x - 0,081$ $r^2 = 0,331$ |
| Trigo/Mirante | 0 | Com | $y = -4E-07x^3 + 3E-05x^2 - 2E-05x + 0,151$ $r^2 = 0,086$ |
| Trigo/Mirante | 88,89 | Sem | $y = 3E-07x^4 - 6E-05x^3 + 0,004x^2 - 0,109x + 1,176$ $r^2 = 0,565$ |
| Trigo/Mirante | 88,59 | Com | $y = 4E-07x^4 - 8E-05x^3 + 0,006x^2 - 0,185x + 2,136$ $r^2 = 0,431$ |
| Trigo/Mirante | 177,18 | Sem | $y = 3E-07x^4 - 6E-05x^3 + 0,003x^2 - 0,097x + 1,033$ $r^2 = 0,568$ |
| Trigo/Mirante | 177,18 | Com | $y = -9E-08x^4 + 2E-05x^3 - 0,001x^2 + 0,030x - 0,001$ $r^2 = 0,149$ |
| Cevada/BRS Cauê | 0 | Sem | $y = 5E-08x^4 - 1E-05x^3 + 0,001x^2 - 0,044x + 0,723$ $r^2 = 0,572$ |
| Cevada/BRS Cauê | 0 | Com | $y = -3E-07x^4 + 6E-05x^3 - 0,003x^2 + 0,113x - 0,955$ $r^2 = 0,435$ |
| Cevada/BRS Cauê | 88,89 | Sem | $y = 6E-07x^4 - 0,000x^3 + 0,008x^2 - 0,256x + 2,737$ $r^2 = 0,712$ |
| Cevada/BRS Cauê | 88,59 | Com | $y = 3E-07x^4 - 6E-05x^3 + 0,004x^2 - 0,124x + 1,439$ $r^2 = 0,492$ |
| Cevada/BRS Cauê | 177,18 | Sem | $y = -1E-07x^4 + 3E-05x^3 - 0,001x^2 + 0,033x + 0,050$ $r^2 = 0,281$ |
| Cevada/BRS Cauê | 177,18 | Com | $y = -3E-08x^4 + 4E-06x^3 - 6E-05x^2 - 0,002x + 0,246$ $r^2 = 0,596$ |
| Cevada/MN743 | 0 | Sem | $y = 3E-07x^4 - 6E-05x^3 + 0,004x^2 - 0,117x + 1,211$ $r^2 = 0,783$ |
| Cevada/MN744 | 0 | Com | $y = 2E-07x^4 - 5E-05x^3 + 0,003x^2 - 0,124x + 1,625$ $r^2 = 0,869$ |
| Cevada/MN745 | 88,89 | Sem | $y = 2E-07x^4 - 3E-05x^3 + 0,002x^2 - 0,050x + 0,531$ $r^2 = 0,881$ |
| Cevada/MN746 | 88,59 | Com | $y = 3E-07x^4 - 7E-05x^3 + 0,004x^2 - 0,117x + 1,290$ $r^2 = 0,524$ |
| Cevada/MN747 | 177,18 | Sem | $y = -4E-07x^4 + 7E-05x^3 - 0,004x^2 + 0,136x - 1,052$ $r^2 = 0,284$ |
| Cevada/MN748 | 177,18 | Com | $y = 6E-08x^4 - 1E-05x^3 + 0,000x^2 - 0,028x + 0,572$ $r^2 = 0,301$ |
| Aveia Preta | 0 | Sem | $y = 3E-07x^4 - 6E-05x^3 + 0,004x^2 - 0,157x + 2,220$ $r^2 = 0,600$ |
| Aveia Preta | 0 | Com | $y = 1E-06x^4 - 0,000x^3 + 0,013x^2 - 0,383x + 3,849$ $r^2 = 0,705$ |
| Aveia Preta | 88,89 | Sem | $y = 8E-07x^4 - 0,000x^3 + 0,011x^2 - 0,332x + 3,604$ $r^2 = 0,447$ |
| Aveia Preta | 88,59 | Com | $y = 9E-07x^4 - 0,000x^3 + 0,013x^2 - 0,398x + 4,411$ $r^2 = 0,747$ |
| Aveia Preta | 177,18 | Sem | $y = 4E-07x^4 - 7E-05x^3 + 0,005x^2 - 0,162x + 2,308$ $r^2 = 0,739$ |
| Aveia Preta | 177,18 | Com | $y = 2E-07x^4 - 4E-05x^3 + 0,003x^2 - 0,139x + 2,212$ $r^2 = 0,625$ |

Tabela 3. Equação e coeficientes de determinação para a interação entre os quatro fatores analisados (cultura/cultivar x dose de N x inoculação x época) para a variável porcentagem de magnésio (Mg, %). UFSM, Santa Maria, 2014.

| Cultura/Cultivar | Dose N | Inoculação | Época |
|------------------|--------|------------|--|
| -----Mg (%)----- | | | |
| Trigo/Quartzo | 0 | Sem | $y = -1E-06x^4 + 0,000x^3 - 0,019x^2 + 0,642x - 4,474$ $r^2 = 0,387$ |
| Trigo/Quartzo | 0 | Com | $y = 6E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,096x^2 - 2,957x + 34,18$ $r^2 = 0,776$ |
| Trigo/Quartzo | 88,89 | Sem | $y = 2E-06x^4 - 0,000x^3 + 0,022x^2 - 0,551x + 8,616$ $r^2 = 0,548$ |
| Trigo/Quartzo | 88,59 | Com | $y = -6E-07x^4 + 0,000x^3 - 0,010x^2 + 0,303x + 1,886$ $r^2 = 0,356$ |
| Trigo/Quartzo | 177,18 | Sem | $y = 9E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,147x^2 - 4,693x + 57,06$ $r^2 = 0,812$ |
| Trigo/Quartzo | 177,18 | Com | $y = 7E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,119x^2 - 3,834x + 48,36$ $r^2 = 0,869$ |
| Trigo/Horizonte | 0 | Sem | $y = 7E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,091x^2 - 2,602x + 29,18$ $r^2 = 0,698$ |
| Trigo/Horizonte | 0 | Com | $y = 8E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,128x^2 - 3,929x + 47,15$ $r^2 = 0,769$ |
| Trigo/Horizonte | 88,89 | Sem | $y = 3E-06x^4 - 0,000x^3 + 0,049x^2 - 1,595x + 24,02$ $r^2 = 0,548$ |
| Trigo/Horizonte | 88,59 | Com | $y = -3E-06x^4 + 0,000x^3 - 0,041x^2 + 1,024x - 1,384$ $r^2 = 0,498$ |
| Trigo/Horizonte | 177,18 | Sem | $y = 9E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,138x^2 - 4,158x + 48,63$ $r^2 = 0,664$ |
| Trigo/Horizonte | 177,18 | Com | $y = 3E-06x^4 - 0,000x^3 + 0,031x^2 - 0,914x + 17,28$ $r^2 = 0,615$ |
| Trigo/Campo real | 0 | Sem | $y = -8E-05x^3 + 0,013x^2 - 0,701x + 15,94$ $r^2 = 0,493$ |
| Trigo/Campo real | 0 | Com | $y = 8E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,102x^2 - 2,786x + 30,04$ $r^2 = 0,581$ |
| Trigo/Campo real | 88,89 | Sem | $y = 1E-05x^4 - 0,002x^3 + 0,150x^2 - 4,329x + 47,07$ $r^2 = 0,798$ |
| Trigo/Campo real | 88,59 | Com | $y = -1E-06x^4 + 0,000x^3 - 0,031x^2 + 1,095x - 7,078$ $r^2 = 0,745$ |
| Trigo/Campo real | 177,18 | Sem | $y = 7E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,111x^2 - 3,457x + 42,87$ $r^2 = 0,766$ |
| Trigo/Campo real | 177,18 | Com | $y = 6E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,081x^2 - 2,363x + 29,09$ $r^2 = 0,846$ |
| Trigo/Mirante | 0 | Sem | $y = -6E-07x^4 + 0,000x^3 - 0,018x^2 + 0,671x - 3,296$ $r^2 = 0,201$ |
| Trigo/Mirante | 0 | Com | $y = 4E-07x^4 - 7E-05x^3 + 0,003x^2 - 0,079x + 4,2$ $r^2 = 0,258$ |
| Trigo/Mirante | 88,89 | Sem | $y = 5E-06x^4 - 0,000x^3 + 0,062x^2 - 1,744x + 19,99$ $r^2 = 0,687$ |
| Trigo/Mirante | 88,59 | Com | $y = 7E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,115x^2 - 3,635x + 44,11$ $r^2 = 0,488$ |
| Trigo/Mirante | 177,18 | Sem | $y = 5E-06x^4 - 0,000x^3 + 0,059x^2 - 1,484x + 16,95$ $r^2 = 0,767$ |
| Trigo/Mirante | 177,18 | Com | $y = -2E-06x^4 + 0,000x^3 - 0,024x^2 + 0,579x + 0,950$ $r^2 = 0,303$ |
| Cevada/BRS Cauê | 0 | Sem | $y = -5E-05x^3 + 0,008x^2 - 0,438x + 10,61$ $r^2 = 0,790$ |
| Cevada/BRS Cauê | 0 | Com | $y = -5E-06x^4 + 0,001x^3 - 0,070x^2 + 2,080x - 17,55$ $r^2 = 0,425$ |
| Cevada/BRS Cauê | 88,89 | Sem | $y = 1E-05x^4 - 0,002x^3 + 0,155x^2 - 4,704x + 52,31$ $r^2 = 0,732$ |
| Cevada/BRS Cauê | 88,59 | Com | $y = 5E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,078x^2 - 2,316x + 27,43$ $r^2 = 0,603$ |
| Cevada/BRS Cauê | 177,18 | Sem | $y = -3E-06x^4 + 0,000x^3 - 0,033x^2 + 0,706x + 1,192$ $r^2 = 0,456$ |
| Cevada/BRS Cauê | 177,18 | Com | $y = -4E-07x^4 + 3E-05x^3 + 0,000x^2 - 0,118x + 6,156$ $r^2 = 0,607$ |
| Cevada/MN743 | 0 | Sem | $y = 5E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,076x^2 - 2,126x + 22,74$ $r^2 = 0,781$ |
| Cevada/MN743 | 0 | Com | $y = 4E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,074x^2 - 2,483x + 33,32$ $r^2 = 0,898$ |
| Cevada/MN743 | 88,89 | Sem | $y = 3E-06x^4 - 0,000x^3 + 0,034x^2 - 0,850x + 9,657$ $r^2 = 0,866$ |
| Cevada/MN743 | 88,59 | Com | $y = 6E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,074x^2 - 2,082x + 24,76$ $r^2 = 0,602$ |
| Cevada/MN743 | 177,18 | Sem | $y = -6E-06x^4 + 0,001x^3 - 0,088x^2 + 2,493x - 18,87$ $r^2 = 0,279$ |
| Cevada/MN743 | 177,18 | Com | $y = 6E-07x^4 - 0,000x^3 + 0,009x^2 - 0,373x + 9,905$ $r^2 = 0,467$ |
| Aveia Preta | 0 | Sem | $y = 6E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,105x^2 - 3,478x + 49,29$ $r^2 = 0,753$ |
| Aveia Preta | 0 | Com | $y = 2E-05x^4 - 0,003x^3 + 0,237x^2 - 6,699x + 69,15$ $r^2 = 0,720$ |
| Aveia Preta | 88,89 | Sem | $y = 1E-05x^4 - 0,002x^3 + 0,181x^2 - 5,375x + 61,63$ $r^2 = 0,524$ |
| Aveia Preta | 88,59 | Com | $y = 1E-05x^4 - 0,003x^3 + 0,218x^2 - 6,565x + 76,97$ $r^2 = 0,807$ |
| Aveia Preta | 177,18 | Sem | $y = 5E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,081x^2 - 2,719x + 41,64$ $r^2 = 0,818$ |
| Aveia Preta | 177,18 | Com | $y = 1E-06x^4 - 0,000x^3 + 0,046x^2 - 2,062x + 37,72$ $r^2 = 0,789$ |

A média de produção de matéria seca (Tabela 1) de 1798,73 kg ha⁻¹ foi próximo ao observado por TORRES & PERREIRA (2008) para a cultura de guandu que obteve média de 1600 kg ha⁻¹, para a cultura de aveia obteve média de 2400 kg ha⁻¹ e para área em pousio obteve média de 2100 kg ha⁻¹ de matéria seca. A quantidade de matéria seca influencia na quantidade de nutrientes que possivelmente serão liberados para a cultura em sucessão. No entanto, a taxa de decomposição desses resíduos é determinado pelas características edafoclimáticas, principalmente precipitação e temperatura.

Outro fator importante na decomposição de resíduos vegetais é a relação carbono/nitrogênio (C/N) que a cultura possui, ou seja, quando se tem uma maior concentração de carbono com relação ao nitrogênio menor é a taxa de decomposição desse resíduo, nesse caso para que ocorra a liberação dos nutrientes os resíduos culturais precisam absorver nitrogênio para diminuir a relação C/N e então decompor o material, no entanto, quando isso ocorre a cultura em sucessão é prejudicada pela diminuição do nitrogênio, nutriente fundamental para o desenvolvimento das plantas (CARNEIRO et al., 2013).

As leguminosas possuem facilidade em fazer fixação biológica de nitrogênio, isso faz com que possuam baixa relação C/N e então uma rápida liberação dos nutrientes devido à facilidade com que ocorre a decomposição, no entanto, a maior liberação não coincide com o momento em que a cultura sucessora necessita fazendo com que esses nutrientes não sejam aproveitados em sua totalidade (CALONEGO et al., 2012). Por outro lado as gramíneas possuem alta relação C/N, fazendo com que os resíduos permaneçam por um maior período de tempo sobre o solo, ou seja, a liberação de nutrientes é lenta, necessitando da absorção de nitrogênio para que essa decomposição ocorra e assim, possivelmente prejudicando o desenvolvimento da cultura em sucessão (DONEDA et al., 2012).

Segundo a tabela 4 existe interação da cultura/cultivar com a inoculação e dose de N, tanto a dose quando a inoculação interfere na quantidade de nitrogênio disponível e dessa

forma modificando a velocidade com que esses resíduos de gramíneas são decompostos. Por consequência dessa presença do nitrogênio e então aumento na velocidade da decomposição ocorre a liberação dos demais nutrientes como é o caso do fósforo que foi significativo tanto para a porcentagem quanto para a quantidade por hectare.

Tabela 4. Equação e coeficientes de determinação para a interação tripla entre (cultura/cultivar x inoculação x dose de N) para as variáveis, massa seca (MS, kg ha⁻¹), porcentagem de nitrogênio (N, %). UFSM, Santa Maria, 2014.

| Cultura | Inoculação | Dose N |
|-------------------------------------|------------|--|
| -----MS (kg ha ⁻¹)----- | | |
| Trigo/Quartzo | Sem | $y = 0,000x^2 - 0,328x + 1930$ $r^2 = 0,002$ |
| Trigo/Quartzo | Com | $y = -0,002x^2 + 0,791x + 1846$ $r^2 = 0,012$ |
| Trigo/Horizonte | Sem | $y = -0,005x^2 + 1,471x + 1871$ $r^2 = 0,069$ |
| Trigo/Horizonte | Com | $y = 4E-05x^2 - 0,701x + 1881$ $r^2 = 0,070$ |
| Trigo/Campo real | Sem | $y = 0,000x^2 - 0,328x + 1840$ $r^2 = 0,002$ |
| Trigo/Campo real | Com | $y = -1,034x + 1926$ $r^2 = 0,123$ |
| Trigo/Mirante | Sem | $y = 0,002x^2 - 1,514x + 1968$ $r^2 = 0,092$ |
| Trigo/Mirante | Com | $y = -0,000x^2 - 0,385x + 1968$ $r^2 = 0,061$ |
| Cevada/BRS Cauê | Sem | $y = -0,001x^2 + 0,675x + 1756$ $r^2 = 0,009$ |
| Cevada/BRS Cauê | Com | $y = -0,001x^2 + 0,069x + 1841$ $r^2 = 0,044$ |
| Cevada/MN743 | Sem | $y = -0,002x^2 + 0,895x + 1836$ $r^2 = 0,019$ |
| Cevada/MN743 | Com | $y = -0,001x^2 + 0,082x + 1865$ $r^2 = 0,035$ |
| Aveia Preta | Sem | $y = 0,002x^2 - 1,665x + 1853$ $r^2 = 0,14$ |
| Aveia Preta | Com | $y = -0,002x^2 + 0,333x + 1721$ $r^2 = 0,097$ |
| -----N (%)----- | | |
| Trigo/Quartzo | Sem | $y = 1E-06x^2 + 0,000x + 0,575$ $r^2 = 0,193$ |
| Trigo/Quartzo | Com | $y = -7E-07x^2 + 0,000x + 0,569$ $r^2 = 0,248$ |
| Trigo/Horizonte | Sem | $y = 9E-07x^2 + 0,001x + 0,465$ $r^2 = 0,557$ |
| Trigo/Horizonte | Com | $y = -1E-06x^2 + 0,002x + 0,409$ $r^2 = 0,501$ |
| Trigo/Campo real | Sem | $y = -4E-06x^2 + 0,002x + 0,567$ $r^2 = 0,276$ |
| Trigo/Campo real | Com | $y = 7E-06x^2 - 0,001x + 0,799$ $r^2 = 0,360$ |
| Trigo/Mirante | Sem | $y = 3E-06x^2 - 0,000x + 0,621$ $r^2 = 0,266$ |
| Trigo/Mirante | Com | $y = 3E-06x^2 - 0,000x + 0,709$ $r^2 = 0,050$ |
| Cevada/BRS Cauê | Sem | $y = 4E-07x^2 + 0,000x + 0,776$ $r^2 = 0,063$ |
| Cevada/BRS Cauê | Com | $y = -2E-06x^2 + 0,001x + 0,662$ $r^2 = 0,215$ |
| Cevada/MN743 | Sem | $y = 5E-06x^2 - 0,001x + 0,771$ $r^2 = 0,230$ |
| Cevada/MN743 | Com | $y = 1E-06x^2 - 0,000x + 0,777$ $r^2 = 0,049$ |
| Aveia Preta | Sem | $y = 0,001x + 0,654$ $r^2 = 0,392$ |
| Aveia Preta | Com | $y = 1E-06x^2 + 0,000x + 0,785$ $r^2 = 0,100$ |

Tabela 5. Equação e coeficientes de determinação para a interação tripla entre (cultura/cultivar x inoculação x dose de N) para as variáveis, porcentagem de fósforo (P, %), fósforo (P, kg ha⁻¹). UFSM, Santa Maria, 2014.

| Cultura | Inoculação | Dose N |
|------------------------------------|------------|--|
| -----P (%)----- | | |
| Trigo/Quartzo | Sem | $y = 2E-07x^2 - 1E-05x + 0,069$ $r^2 = 0,138$ |
| Trigo/Quartzo | Com | $y = -3E-07x^2 + 0,000x + 0,061$ $r^2 = 0,145$ |
| Trigo/Horizonte | Sem | $y = -4E-07x^2 + 0,000x + 0,071$ $r^2 = 0,249$ |
| Trigo/Horizonte | Com | $y = 0,000x + 0,079$ $r^2 = 0,217$ |
| Trigo/Campo real | Sem | $y = -5E-07x^2 + 0,000x + 0,087$ $r^2 = 0,060$ |
| Trigo/Campo real | Com | $y = 7E-07x^2 - 0,000x + 0,110$ $r^2 = 0,192$ |
| Trigo/Mirante | Sem | $y = 2E-07x^2 + 3E-05x + 0,068$ $r^2 = 0,171$ |
| Trigo/Mirante | Com | $y = 2E-07x^2 - 8E-05x + 0,089$ $r^2 = 0,012$ |
| Cevada/BRS Cauê | Sem | $y = 5E-05x + 0,079$ $r^2 = 0,082$ |
| Cevada/BRS Cauê | Com | $y = 3E-07x^2 - 0,000x + 0,088$ $r^2 = 0,039$ |
| Cevada/MN743 | Sem | $y = 5E-07x^2 - 0,000x + 0,090$ $r^2 = 0,127$ |
| Cevada/MN743 | Com | $y = -4E-07x^2 + 0,000x + 0,086$ $r^2 = 0,047$ |
| Aveia Preta | Sem | $y = 5E-07x^2 - 9E-05x + 0,132$ $r^2 = 0,2$ |
| Aveia Preta | Com | $y = 5E-07x^2 - 0,000x + 0,142$ $r^2 = 0,078$ |
| -----P (kg ha ⁻¹)----- | | |
| Trigo/Quartzo | Sem | $y = 5E-06x^2 - 0,000x + 1,321$ $r^2 = 0,141$ |
| Trigo/Quartzo | Com | $y = -6E-06x^2 + 0,003x + 1,121$ $r^2 = 0,139$ |
| Trigo/Horizonte | Sem | $y = -1E-05x^2 + 0,007x + 1,331$ $r^2 = 0,140$ |
| Trigo/Horizonte | Com | $y = 0,002x + 1,52$ $r^2 = 0,092$ |
| Trigo/Campo real | Sem | $y = -9E-06x^2 + 0,003x + 1,646$ $r^2 = 0,044$ |
| Trigo/Campo real | Com | $y = 1E-05x^2 - 0,004x + 2,153$ $r^2 = 0,057$ |
| Trigo/Mirante | Sem | $y = 5E-06x^2 - 0,000x + 1,347$ $r^2 = 0,090$ |
| Trigo/Mirante | Com | $y = 5E-06x^2 - 0,002x + 1,832$ $r^2 = 0,038$ |
| Cevada/BRS Cauê | Sem | $y = -3E-06x^2 + 0,002x + 1,376$ $r^2 = 0,088$ |
| Cevada/BRS Cauê | Com | $y = 5E-06x^2 - 0,002x + 1,672$ $r^2 = 0,027$ |
| Cevada/MN743 | Sem | $y = 8E-06x^2 - 0,002x + 1,673$ $r^2 = 0,083$ |
| Cevada/MN743 | Com | $y = -9E-06x^2 + 0,003x + 1,631$ $r^2 = 0,052$ |
| Aveia Preta | Sem | $y = 1E-05x^2 - 0,004x + 2,505$ $r^2 = 0,061$ |
| Aveia Preta | Com | $y = 5E-06x^2 - 0,001x + 2,524$ $r^2 = 0,007$ |

Analisando as interações da tabela 6, é possível observar que a interação entre a dose de N e a época influenciaram na porcentagem e quantidade por hectare de cálcio. A liberação do cálcio pelo tecido vegetal é lenta, sendo essa uma característica intrínseca desse nutriente (PERIN et al., 2010). Esse nutriente é um constituinte da lamela média da parede celular e possui as funções de componente da parede celular e manutenção da estrutura das

membranas, formando um dos componentes mais recalcitrantes dos tecidos vegetais (VITTI et al., 2006).

A interação entre a cultura/cultivar e a dose de N (Tabela 6), apresentou diferença significativa na quantidade de nitrogênio por hectare na porcentagem de potássio. O potássio proveniente dos restos culturais é aproveitado em sua totalidade pela cultura sucessora, sendo que em solos arenosos podem ocorrer perdas por lixiviação (CALONEGO et al., 2012). Alguns estudos mostram que a velocidade de liberação de K é rápida, independente da espécie envolvida, e relacionam esse fato a natureza do nutriente pela sua forma iônica nas plantas, e por não participar de nenhuma estrutura orgânica (TAIZ & ZEIGER, 1991). Segundo SORATO & CRUSCIOL (2007), o K é o nutriente mais solúvel nos extratos dos resíduos vegetais.

Tabela 6. Equação e coeficientes de determinação para a interação dupla (dose de N x época e cultura/cultivar x dose de N) para as variáveis, porcentagem de cálcio (Ca, %), cálcio (Ca, kg ha⁻¹), nitrogênio (N, kg ha⁻¹) e porcentagem de potássio (K, %). UFSM, Santa Maria, 2014.

| Dose N | Época |
|-------------------------------------|--|
| -----Ca (%)----- | |
| 0 | $y = -1E-06x^4 + 0,000x^3 - 0,011x^2 + 0,291x - 2,231$ $r^2 = 0,456$ |
| 88,59 | $y = -2E-06x^4 + 0,000x^3 - 0,018x^2 + 0,466x - 3,649$ $r^2 = 0,660$ |
| 177,18 | $y = -1E-06x^4 + 0,000x^3 - 0,012x^2 + 0,310x - 2,236$ $r^2 = 0,460$ |
| -----Ca (kg ha ⁻¹)----- | |
| 0 | $y = -2E-05x^4 + 0,003x^3 - 0,191x^2 + 4,696x - 34,59$ $r^2 = 0,422$ |
| 88,59 | $y = -2E-05x^4 + 0,004x^3 - 0,291x^2 + 7,204x - 54,39$ $r^2 = 0,646$ |
| 177,18 | $y = -2E-05x^4 + 0,003x^3 - 0,182x^2 + 4,370x - 28,77$ $r^2 = 0,411$ |
| Cultura/Cultivar | Dose N |
| -----N (kg ha ⁻¹)----- | |
| Trigo/Quartzo | $y = 0,014x + 10,64$ $r^2 = 0,206$ |
| Trigo/Horizonte | $y = -4E-05x^2 + 0,040x + 8,052$ $r^2 = 0,374$ |
| Trigo/Campo real | $y = 2E-05x^2 + 0,005x + 12,61$ $r^2 = 0,108$ |
| Trigo/Mirante | $y = 5E-05x^2 - 0,013x + 13,07$ $r^2 = 0,063$ |
| Cevada/BRS Cauê | $y = -3E-05x^2 + 0,019x + 12,87$ $r^2 = 0,09$ |
| Cevada/MN743 | $y = 5E-05x^2 - 0,012x + 14,25$ $r^2 = 0,091$ |
| Aveia Preta | $y = 0,008x + 12,72$ $r^2 = 0,073$ |
| -----K (%)----- | |
| Trigo/Quartzo | $y = 8E-07x^2 - 5E-06x + 0,071$ $r^2 = 0,071$ |
| Trigo/Horizonte | $y = 7E-07x^2 - 1E-05x + 0,116$ $r^2 = 0,040$ |
| Trigo/Campo real | $y = -8E-07x^2 + 0,000x + 0,169$ $r^2 = 0,003$ |
| Trigo/Mirante | $y = -0,000x + 0,159$ $r^2 = 0,008$ |
| Cevada/BRS Cauê | $y = -1E-06x^2 + 0,000x + 0,134$ $r^2 = 0,011$ |
| Cevada/MN743 | $y = 6E-07x^2 - 0,000x + 0,162$ $r^2 = 0,004$ |
| Aveia Preta | $y = 4E-07x^2 - 0,000x + 0,137$ $r^2 = 0,001$ |

A época (Tabela 7) apresentou efeito significativo para a matéria seca, porcentagem e quantidade e nitrogênio por hectare, porcentagem e quantidade de fósforo por hectare e também para a porcentagem de potássio. Assim é possível afirmar que a decomposição ocorre de forma diferenciada para cada época, ou seja, a liberação de nutrientes pode ocorrer de forma mais rápida para determinadas épocas e de forma mais lenta para outras.

Tabela 7. Equação e coeficientes de determinação para a época das variáveis massa seca (MS, kg ha⁻¹), porcentagem de nitrogênio (N, %), nitrogênio (N, kg ha⁻¹), porcentagem de fósforo (P, %), fósforo (P, kg ha⁻¹), porcentagem de potássio (K, %). UFSM, Santa Maria, 2014.

| Época |
|---|
| -----MS (kg ha ⁻¹)----- $y = 0,001x^3 - 0,195x^2 - 3,348x + 2325 \quad r^2 = 0,722$ |
| -----N (%)----- $y = 4E-07x^4 - 7E-05x^3 + 0,004x^2 - 0,104x + 1,520 \quad r^2 = 0,065$ |
| -----N (kg ha ⁻¹)----- $y = 5E-06x^4 - 0,001x^3 + 0,058x^2 - 1,345x + 25,96 \quad r^2 = 0,169$ |
| -----P (%)----- $y = -8E-09x^4 + 1E-06x^3 - 0,000x^2 + 0,003x + 0,054 \quad r^2 = 0,154$ |
| -----P (kg ha ⁻¹)----- $y = -0,000x^2 + 0,031x + 1,734 \quad r^2 = 0,325$ |
| -----K (%)----- $y = -5E-07x^4 + 0,000x^3 - 0,008x^2 + 0,239x - 1,885 \quad r^2 = 0,474$ |

CONCLUSÃO

A inoculação apresentou efeito significativo na decomposição da matéria seca. As cultura/cultivares e a dose de N não obtiveram influência apenas na porcentagem de K e na quantidade de K por hectare, para as demais características avaliadas todas foram significativas. A liberação de nutrientes é influenciada pela época de retirada do material sendo mais rápida em algumas e mais lenta em outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, v.28, n.5, p.770-781, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13885>>. Acesso em: 13 de jan. 2014.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIAO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v.69, n.1, p.77-86, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v69n1/11.pdf>>. Acesso em: 22 de jan. 2014.

CARNEIRO, W. J. O.; SILVA, C. A.; MUNIZ, J. A.; SAVIAN, T. V. Mineralização de nitrogênio em latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.37, p.715-725, 2013.

CERETTA, A. C.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Rural**, v.32, n.1, p.49-54, 2002. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?f=2012/DJ/DJ2012031300006.xml;DJ2012031388>>. Acesso em: 24 de jan. 2014.

COLLIER, L. S.; SILVA, V. V.; OLIVERA, F. L.; SOUZA, D. J. A. T.; MARANHÃO, D. D. C.; SILVA, A. R. Desenvolvimento de leguminosas herbáceas perenes, semeadas na época das águas no sul do Tocantins. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, n.3, p.61-71, 2012. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/10425>>. Acesso em: 22 de jan. 2014.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1714-1723, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n6/05.pdf>>. Acesso em: 25 de jan. 2014.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico**. Campinas: Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997. 258p.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C.; MARTINS, M. R. & JORGE, R. F. Crop sequences in no-tillage system: Effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.417-428, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832009000200019&script=sci_arttext>. Acesso em: 26 de jan. 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; CABALLERO, S. S. U.; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L. A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalaria e milheto solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, v. 57, n.2, p. 274-281, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rceres/v57n2/20.pdf>>. Acesso em: 26 de jan. 2014.

RODRIGUES, L. F. O. S.; GUIMARÃES, V. F.; SILVA, M. B.; PINTO JUNIOR, A. S.; KLEIN, J.; COSTA, A. C. P. R. Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.31-37, 2014. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v18n01/v18n01a05.pdf>>. Acesso em: 26 de jan. 2014.

SORATO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 81- 90, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbcs/v31n1/09.pdf>>. Acesso em: 25 de jan. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City, Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. 565p.

TORRES, J. L. R. & PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.32, p.1609-1618, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n4/a25v32n4.pdf>>. Acesso em: 25 de jan. 2014.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.421-428, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n3/a18v43n3.pdf>>. Acesso em: 26 de jan. 2014.

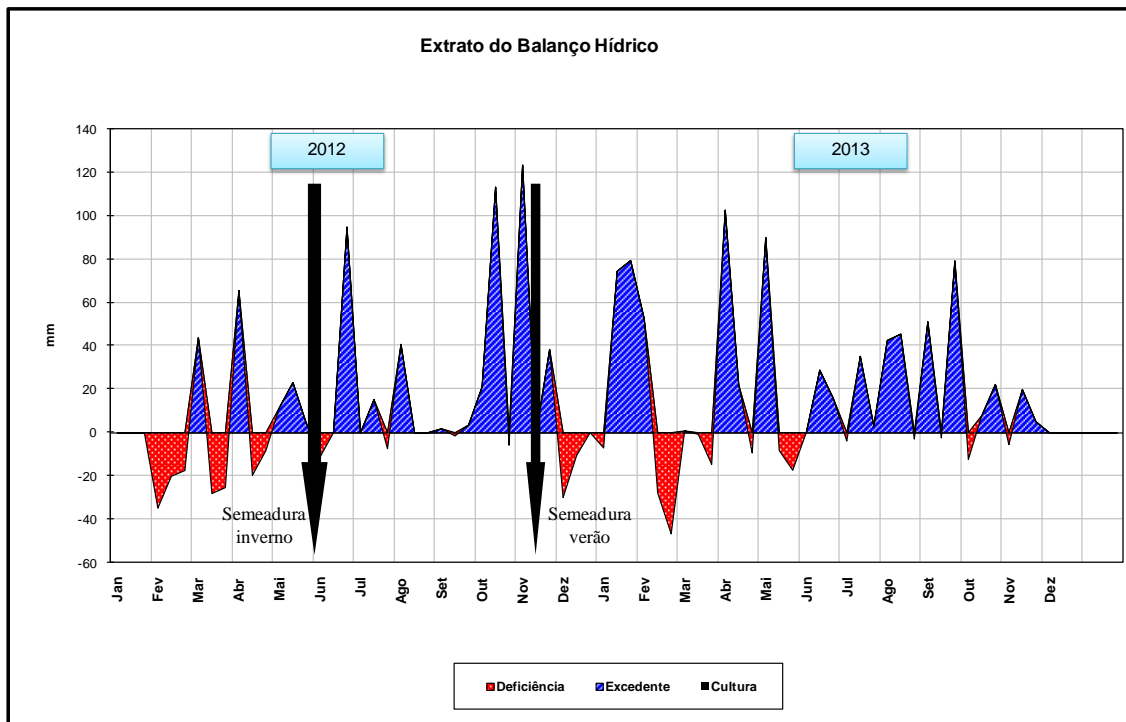
VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. (2006) Cálcio, magnésio e enxofre. In: Fernandes MS (Ed.). Nutrição mineral de plantas. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p.299-325.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A constante busca pelo aumento da produtividade e na qualidade dos grãos nos leva a pensar na eficiência das tecnologias em determinadas propriedades, pois o nível tecnológico varia entre as mesmas fazendo com que determinados produtos ou metodologias apresentem resultados contraditórios. Por tanto ao indicar novas tecnologias é importante saber em quais situações a mesma será eficiente.

Ao trabalhar com a fixação biológica de nitrogênio através das bactérias diazotróficas, a definição da estirpe mais adequada a cultura em que pretende-se trabalhar faz com que o sucesso desta associação seja mais evidente. No entanto essa definição de estirpe deve ser associada as características quantitativas e qualitativas dos exsudatos presente na cultivar a ser avaliada.

Anexo



Anexo 1. Balanço hídrico durante o período de desenvolvimento experimental.