

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA,
AGRICULTURA E AMBIENTE

Marcelo Stefanello Brondani

**FONTES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A *Azospirillum brasilense*:
IMPACTO SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE TRIGO
E MILHO**

Frederico Westphalen, RS
2020

Marcelo Stefanello Brondani

**FONTES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A *Azospirillum brasilense*: IMPACTO
SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE TRIGO E MILHO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Claudir José Basso

Frederico Westphalen, RS
2020

Brondani, Marcelo Stefanello

Fontes de nitrogênio associadas a *Azospirillum brasilense*:
impacto sobre o crescimento e produtividade de trigo e milho /
Marcelo Stefanello Brondani.- 2020.
65 p.; 30 cm

Orientador: Cláudio José Basso

Coorientador: Antônio Luis Santi

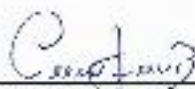
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria,
Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós Graduação em
Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2019

Marcelo Stefanello Brondani

FONTES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A *Azospirillum brasilense*: IMPACTO SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE TRIGO E MILHO

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

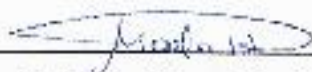
Aprovado em 13 de março de 2020:



Claudir José Basso, Dr. (UFSM)
(Orientador)



Roni Paulo Fortunato, Dr. (IFFar)



Marlo Adriano Bison Pinto, Dr. (IFFar)

Frederico Westphalen, RS
2020

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Nestor Brondani e Pierina Stefanello Brondani, à minha namorada, Franciele, aos meus familiares, mestres, amigos e colegas que sempre me apoiaram e incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me concedido a dádiva de viver e por estar sempre ao meu lado nos momentos bons e ruins.

Aos meus pais, Nestor e Pierina, que sempre me apoiaram nos estudos, incentivando e motivando para que eu continuasse seguindo meus sonhos bem como a realização de cada um.

À minha namorada Franciele, aos meus familiares, amigos e colegas por sempre me ajudarem e estarem do meu lado quando mais precisei.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente (PPGAAA), que me deu esta oportunidade de mestrado no programa de Pós-graduação.

Ao professor Claudir José Basso, pela orientação e ajuda na realização e desenvolvimento do trabalho, e pelos ensinamentos que levarei para a vida toda, bem como pela amizade acima de tudo. Com certeza foi fundamental para o meu crescimento profissional e pessoal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior pelo auxílio financeiro através da bolsa de Mestrado.

Aos professores Claudir José Basso, Roni Paulo Fortunato e Marlo Adriano Bison Pinto, pela disponibilidade em participar da banca de defesa.

Aos membros e amigos do Laboratório Plantas de Lavoura, Álex, Aline, Anderson, Antonio, Denise, Eduardo, Eduarda, Fernanda M., Fernanda O., Janine, Jardel, Lucas, Mateus, Rodrigo, Taylene e Willian.

Ao Paulo César Bellé, pela disponibilidade da área para a realização dessa pesquisa.

A todas as pessoas que, de algum modo, contribuíram para a realização desse sonho. Sou imensamente grato.

A todos, muito obrigado!

O período de maior ganho em conhecimento e experiência é o período mais difícil na vida de alguém.

Dalai Lama

RESUMO

FONTES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A *Azospirillum brasilense*: IMPACTO SOBRE CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE TRIGO E MILHO

AUTOR: Marcelo Stefanello Brondani

ORIENTADOR: Claudir José Basso

A importância e necessidade da adubação nitrogenada nas culturas do trigo e milho é a que mais impacta nos custos de produção no item adubação. O uso de cama de aves e bactérias fixadora de nitrogênio podem ser alternativas de estratégias de manejo para suprir a demanda nitrogenada, porém, a utilização dessas estratégias de forma isolada ou associada a adubação mineral ainda é pouco estudada. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da bactéria *A. brasilense* associada à cama de aves e a adubação mineral sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade final de grãos de trigo e milho. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 8 tratamentos e 8 repetições, sendo eles assim constituídos: T1 - Testemunha, T2 - *A. brasilense*, T3 - 100% N-mineral, T4 - 100% N-mineral + *A. brasilense*, T5 - 50% N-mineral + 50% N-orgânico, T6 - 50% N-mineral + 50% N-orgânico + *A. brasilense*, T7 - 100% N-orgânico, T8 - 100% N-orgânico + *A. brasilense*. Para os parâmetros de planta e produtividade de grãos de milho e trigo, os dados obtidos demonstram que a utilização da bactéria *A. brasilense* não foi eficiente. Em relação as fontes de nitrogênio, quando utilizado ureia ou cama de aves+ureia se observam as maiores produtividades. Diferente do observado quando da utilização somente da cama de aves, a associação desse resíduo a ureia pode ser uma alternativa a adição de nitrogênio nessas culturas.

Palavras-chave: Cama de aves. Fixação de nitrogênio. Nutrição mineral.

ABSTRACT

NITROGEN SOURCES ASSOCIATED WITH *Azospirillum brasilense*: IMPACT ON WHEAT AND MAIZE GROWTH AND PRODUCTIVITY

AUTHOR: Marcelo Stefanello Brondani

ADVISOR: Claudir José Basso

Nitrogen fertilization in wheat and corn crops has the greatest impact on production costs in the fertilization item, due to their importance and need for these cultures. In this way, poultry litter and nitrogen-fixing bacteria can be alternative management strategies to supply nitrogen demand, however, the use of these strategies in isolation or associated with mineral fertilization is still little studied. Therefore, the objective of this work was to evaluate the impact of the bacterium *A. brasilense* associated with the brood of birds and mineral fertilization in some vegetal parameters and in the final productivity of grains of wheat and corn. The experimental design used was randomized blocks, with 8 treatments and 8 repetitions, they being like this constituted: T1 - Control, T2 - *A. brasilense*, T3 - 100% N-mineral, T4 - 100% N -mineral + *A. brasilense*, T5 - 50% N-mineral + 50% N-organic, T6 - 50% N-mineral + 50% N-organic + *A. brasilense*, T7 - 100% N-organic, T8 - 100 % N-organic + *A. brasilense*. For plant parameters and final productivity of corn and wheat grains, the data obtained demonstrate that the use of the bacterium *A. brasilense* was not efficient. Regarding nitrogen sources, when used urea or poultry litter+urea higher productivity is observed when compared to other treatments. Contrary to what was observed when using only poultry litter, the association of this residue with urea can be an alternative to the addition of nitrogen in these cultures.

Keywords: Poultry litter. Nitrogen fixation. Mineral nutrition.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 – Análise física e química do solo de 0-20 cm de profundidade da área experimental, Frederico Westphalen no ano de 2018.	24
Tabela 2 – Resumo da análise de variância com informações referentes aos caracteres estatura de planta (EP), comprimento de espiga (CE), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por espiguetas (NGET), número de espigas por metro quadrado (NEMQ), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH), teor de clorofila total (TCT), nitrogênio total de planta da parte aérea (NT), massa seca de planta da parte aérea (MS) e produtividade final de grãos (PFG) obtidos do trigo em função de adubação orgânica e mineral de nitrogênio associadas a <i>A. brasilense</i> , Frederico Westphalen, safra de 2018.	29
Tabela 3 – Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a <i>A. brasilense</i> sobre a estatura de planta (EP), comprimento de espiga (CE) e número de espiguetas/espiga (NEE), no trigo. Frederico Westphalen (RS), safra 2018.	30
Tabela 4 – Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a <i>A. brasilense</i> sobre o número de grãos por espiga (NGE), número de espigas por m ² (NEMQ) e peso hectolitro (PH), no trigo. Frederico Westphalen (RS), safra 2018.	32
Tabela 5 – Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a <i>A. brasilense</i> sobre o teor de clorofila total (TCT) e nitrogênio total de planta da parte aérea (NT), no trigo. Frederico Westphalen (RS), safra 2018.....	34
Tabela 6 – Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a <i>A. brasilense</i> sobre a massa seca de planta da parte aérea (MS) e produtividade final de grãos (PFG), no trigo. Frederico Westphalen (RS), safra 2018.	35

ARTIGO 2

Tabela 1 – Análise física e química do solo de 0-20 cm de profundidade da área experimental, Frederico Westphalen, safra agrícola 2018/19.....	44
--	----

Tabela 2 – Resumo da análise de variância com informações referentes aos caracteres estatura de planta (EP), altura da inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), área foliar por planta (AF), massa seca de planta da parte aérea (MS), comprimento de espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras (NF), diâmetro de espiga (DE), diâmetro de sabugo (DS), nitrogênio total de planta da parte aérea (NT), teor de clorofila total (TCT), massa de mil grãos (MMG) e produtividade final de grãos (PFG), obtidos do milho em função de adubação orgânica e mineral de nitrogênio associadas a <i>A. brasilense</i> , Frederico Westphalen, safra de 2018/19.	48
Tabela 3 – Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a <i>A. brasilense</i> sobre a estatura de planta (EP), altura da inserção da espiga (AIE) e diâmetro do colmo (DC), no milho. Frederico Westphalen, safra de 2018/19.....	49
Tabela 4 – Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a <i>A. brasilense</i> sobre a área foliar por planta (AFP) e massa seca de planta da parte aérea (MS), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19.....	51
Tabela 5 – Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a <i>A. brasilense</i> sobre o comprimento da espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF) e diâmetro de espiga (DE), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19.	52
Tabela 6 – Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a <i>A. brasilense</i> sobre o teor de clorofila total (TCT) e nitrogênio total de planta da parte aérea (NT), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19.....	52
Tabela 7 – Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a <i>A. brasilense</i> sobre a massa de mil grãos (MMG) e produtividade final de grãos (PFG), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19.....	53

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1 – Temperaturas médias diárias e precipitação diária durante os meses de condução do experimento. Frederico Westphalen (RS), 2018.....25

ARTIGO 2

Figura 1 – Temperaturas médias diárias e precipitação diária durante os meses de condução do experimento. Frederico Westphalen (RS), 2018/19.45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	A CULTURA DO TRIGO	15
2.2	A CULTURA DO MILHO	15
2.3	IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO PARA AS GRAMÍNEAS COMO O TRIGO E O MILHO	16
2.4	ALTERNATIVAS PARA A ADUBAÇÃO NITROGENADA MINERAL	18
3	ARTIGO 1 – FONTE ORGÂNICA E MINERAL DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A <i>Azospirillum brasilense</i> NA CULTURA DO TRIGO	22
3.1	RESUMO	22
3.2	ABSTRACT	22
3.3	INTRODUÇÃO	23
3.4	MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.6	CONCLUSÃO	37
3.7	REFERÊNCIAS	37
4	ARTIGO 2 – FONTE ORGÂNICA E MINERAL DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A <i>Azospirillum brasilense</i> NA CULTURA DO MILHO	41
4.1	RESUMO	41
4.2	ABSTRACT	41
4.3	INTRODUÇÃO	42
4.4	MATERIAIS E MÉTODOS	43
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.6	CONCLUSÃO	55
4.7	REFERÊNCIAS	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
6	CONCLUSÃO GERAL	61
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O trigo e o milho estão entre os cereais de maior importância econômica no Brasil e para produzi-los é necessária grande quantidade de nutrientes, principalmente o Nitrogênio (N), cujas plantas pertencentes a família Poaceae como é o caso do trigo e do milho, são muito responsivas com relação ao N, pois é o nutriente mais absorvido, executando funções metabólicas essenciais como constituinte da clorofila, enzimas, ácidos nucleicos e proteínas (LEMOS et al., 2014). Além disso, o maior custo com os nutrientes é por consequência do N, logo, há necessidade de buscar novas alternativas para que possamos diminuir o custo de produção.

Com base nisso e para culturas com alta demanda de nitrogênio, tecnologias mais sustentáveis estão ganhando cada vez mais espaço, entre elas, a utilização de resíduos orgânicos advindos da produção animal bem como a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento, com ênfase para as do gênero *Azospirillum* (MILLÉO; CRISTÓFOLI, 2016), com menos impacto sobre o ambiente e focado em um sistema de produção com a prática de uma agricultura mais sustentável (SÁ et al., 2017).

Por ser uma tecnologia recente, ainda são poucas e as vezes contraditórios as informações na literatura com relação a utilização dessas bactérias do gênero *Azospirillum* no tratamento de sementes e essa falta de resposta de maneira mais concisa da utilização de bactérias do gênero *Azospirillum*, pode estar associado a fatores bióticos e abióticos, porém faltam estudos com relação à utilização desse inoculante via semente associado a adubação orgânica.

Portanto, a hipótese que fundamenta esse trabalho é que a utilização da cama de aves como fonte alternativa de nitrogênio associada ou não a adubação mineral com inoculação das sementes de trigo e milho com a bactéria *A. brasilense* pode aumentar a eficiência das plantas na absorção do nitrogênio e elevar a produtividade final de grãos. Por isso, o presente estudo teve por objetivo avaliar o impacto da inoculação da bactéria *A. brasilense* em fontes de nitrogênio como a cama de aves e a adubação mineral associadas ou não, sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade final de grãos do trigo e do milho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma importante cultura no contexto mundial da produção de grãos, tendo como principal destino a alimentação humana, na forma pães, biscoitos e outros derivados (NÖRNBERG, 2012), com sua produção concentrando-se nos países do hemisfério norte, sendo a China o principal produtor, seguida da União Europeia, Índia, Estados Unidos e Rússia. O continente asiático participa com 44,5% do total produzido no mundo seguido pelo continente Europeu com 32,2% do total produzido. A produção mundial de trigo foi de 736 milhões de toneladas no ano de 2019 segundo o Departamento de Agricultura Americano – USDA e tem sido apontada como uma das commodities mais importante a nível mundial.

Na safra 2019, foram cultivados 2,042 milhões de hectares de trigo no Brasil, com uma produtividade média de 2,572 t ha⁻¹. Nesse mesmo ano, a produção brasileira foi de 5,21 milhões de toneladas enquanto que a demanda interna é de 11,4 milhões, ou seja, uma necessidade grande de importação desse cereal de outros países como a Argentina e a Rússia. A região sul destaca-se na produção de trigo no Brasil, e onde se obtém as maiores médias de produtividades, sendo o Rio Grande do Sul e o Paraná os principais estados produtores de trigo responsáveis por 84% da produção brasileira (CONAB, 2019).

Além da sua importância na alimentação humana, a cultura do trigo é uma importante alternativa de cultivo para produtores no período de inverno/primavera como parte de um sistema de rotação de cultura, pois além de produzir e deixar uma boa palhada na superfície importante som o ponto de vista da conservação do solo e uma das premissas básica do sistema plantio direto é importante na própria ciclagem de nutrientes um dos fatores mais importantes quando se busca altos rendimentos, evitando assim os malefícios da monocultura (REUNIÃO..., 2012).

2.2 A CULTURA DO MILHO

Devido ao melhoramento genético atualmente a cultura do milho ocupa uma posição de destaque no âmbito mundial sendo o terceiro cereal mais produzido e

utilizado tanto para a alimentação animal quanto humana bem como na produção de etanol. Na alimentação animal, a silagem de milho é uma das formas mais econômicas de sua utilização tanto para vacas na produção de leite bem como no confinamento de gado de corte. A utilização da silagem impacta em redução na utilização de alimentos concentrados principalmente em épocas de estiagem e/ou clima desfavorável ao crescimento de espécies perenes (NOVAES et al., 2004). Além da silagem da parte aérea do milho, tem-se a silagem de grãos, pouco utilizada, mas também como uma das formas de se utilizar o milho, além da ração que é um subproduto obtido através da moagem do grão seco, a qual é consumida por diversos animais em larga escala.

A produção mundial de milho se concentra em três países que detêm mais de 60% do total produzido do cereal, sendo EUA, China e Brasil com produção de 375.000, 225.000 e 100.000 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2019). No Brasil, a área cultivada com milho na safra 2018/19 totalizou 17.496,2 milhões de hectares e na 2019/20 de 17.534,9 milhões de hectares, um aumento de 0,3 %. Na safra 2018/19 foram produzidos em torno de 100.000 milhões de toneladas, sendo que 52,8% desse total produzido está concentrado na região centro-oeste sendo o estado do Mato Grosso o maior produtor da região e do país, representando 31,3 % do total produzido nessa região. O Sul do Brasil é a segunda região maior produtora de milho com 25,3% do total produzido, sendo desse total, 16,6, 5,7 e 2,8% da produção representado pelos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, respectivamente. No ranking nacional, o RS encontra-se como o 6º maior produtor de milho grão. Além disso, é importante a utilização da cultura do milho na rotação de cultura como forma de diminuir a incidência de patógenos, alterar grupos químicos de defensivos agrícola minimizando problemas de resistência, além de ser uma cultura que deixa uma boa produção de palhada na superfície premissa básica em um sistema de plantio direto de qualidade.

2.3 IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO PARA AS GRAMÍNEAS COMO O TRIGO E O MILHO

O nitrogênio é um macro nutriente essencial e muito responsivo de uma maneira geral para as gramíneas, precisando ser aplicado em grande quantidade principalmente na cultura do milho e do trigo, pois é muito importante e constituinte de

vários componentes, entre eles as proteínas aminoácidos, clorofila entre outros (TAIZ., et al 2017), além de aumentar a área foliar, a massa de grãos e sua qualidade proteica que refletem na produtividade e qualidade final de grãos (LEMOS et al., 2014). Estudando doses de nitrogênio na cultura do trigo, Theago et al. (2014), constataram um aumento crescente das concentrações de clorofila a medida que se aumentaram as doses (50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), o que se justifica pelo fato de 50 a 70% do nitrogênio na folha compor enzimas presentes nos cloroplastos. Essa importância da clorofila fica evidente no trabalho de Hassan et al. (2009), onde observaram que genótipos de trigo com maiores teores de clorofila total, A+B, tiveram uma maior produção de biomassa.

O nitrogênio absorvido pelas plantas se encontra na forma inorgânica e na solução no solo sendo o amônio (NH₄⁺) e o nitrato (NO₃⁻), as duas principais formas absorvidas (RAIJ, 1981). Do total de nitrogênio no solo, a forma mineral de N representa uma pequena parcela, sendo a maior delas representado pelo N da matéria orgânica precisando o mesmo, passar por um processo de mineralização e transformação para uma forma mineral e aí absorvido pelas plantas. Quando os teores de nitrogênio são baixos no solo devido principalmente a baixa quantidade de matéria orgânica, este se torna um dos principais limitantes para se alcançar altos rendimentos (RODRIGUES et al., 2014), pois a deficiência desse nutriente afeta o crescimento da planta, provocando o amarelecimento das folhas, principalmente das folhas mais velhas, ocasionando perda de área fotossintética ativa, além de ser redistribuído para folhas mais jovens (TAIZ., et al 2017) onde a demanda é maior.

A quantidade de nitrogênio que a planta necessita é variável dependendo de cada estadio de desenvolvimento. De uma maneira geral, e para a maioria das plantas essa demanda de N é crescente, durante o estadio vegetativo até o reprodutivo, onde atinge o pico máximo decrescendo posteriormente, na fase de enchimento de grãos até a maturação fisiológica (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

Para as gramíneas o nitrogênio é importante em todas as fases de desenvolvimento, no caso do trigo, a adubação nitrogenada é importante quando se busca uma maior produção de perfilho, maior altura de plantas, o que gera uma maior área foliar e conseqüentemente uma maior absorção da radiação solar podendo impactar positivamente num maior número de espiguetas e espigas culminando em um maior rendimento de grãos (FORNASIERI, 2008). Esse momento condiz com o estadio de perfilhamento e alongamento dos entre nós, por isso que o parcelamento

do nitrogênio se comparando com uma única aplicação é mais eficiente quando se busca um maior rendimento (BREDEMEIER, 2001). Já para o milho e quando se busca altas produtividades, os estádios em que se recomenda a aplicação nitrogenada são V4–V6 e V8–V9 onde esse manejo de N aumenta o peso de mil sementes, a altura de planta, a área foliar, o número de sementes/espiga, índice de colheita, biomassa e principalmente o rendimento de grãos (ULGER et al., 1995). Logo, tanto para a cultura do trigo como para o milho e por serem culturas altamente responsiva, o manejo de N é fundamental quando se busca uma maior produtividade e qualidade final de grãos.

Geralmente a utilização da cama de aves em áreas de lavoura é realizada antes ou logo após a semeadura da cultura. Diferentemente disso, quando se trabalha fontes minerais, geralmente o produtor realiza o parcelamento do N com aplicações mais pontuais em momentos de maior demanda pelas culturas, buscando uma maior eficiência de utilização do N, bem como, diminuir potenciais perdas por volatilização e lixiviação que podem vir a contaminar o lençol de águas subterrâneas o qual é uma das principais preocupações ambientais ligados a este tipo de nutriente nos dias atuais (SANGOI et al., 2007).

Diante da grande necessidade de nitrogênio para altas produtividades de trigo e milho e a utilização cada vez mais crescente de fontes minerais produzidos de forma industrial e que impactam fortemente no custo de produção final dessas culturas, novas alternativas como o uso de resíduos orgânicos e novas tecnologias de fixação biológica de nitrogênio devem ser buscadas com o objetivo de aumentar a produtividade, reduzir custos e minimizar impactos sobre o meio ambiente.

2.4 ALTERNATIVAS PARA A ADUBAÇÃO NITROGENADA MINERAL

A maior parte do nitrogênio fornecido as culturas do milho e do trigo nos dias atuais é oriundo de fontes minerais (ureia, sulfato de amônio, nitrato de potássio etc.) obtido de um processo industrial com a utilização de petróleo e um alto gasto de energia, além disso, outras alternativas para fornecimento deste nutriente as culturas têm sido pensadas nos últimos anos, como por exemplo a utilização de cama de aves um importante subproduto na produção de proteína animal, que gera grandes quantidades de resíduos nas pequenas propriedades e o uso de microrganismos capazes de promover a fixação biológica de nitrogênio.

Na década de 70, após vários estudos a pesquisadora da Embrapa Johanna Dobereiner descobriu a bactéria *A. brasilense* que pertence ao gênero *Azospirillum* e que pode ser importante para inoculação em gramíneas buscando fornecimento de nitrogênio através da fixação biológica do N atmosférico (DARTORA et al., 2013).

A inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio em gramíneas é realizada utilizando bactérias do gênero *Azospirillum*, de forma que a população seja alta o suficiente e consiga competir com bactérias diazotróficas presentes no solo, podendo assim, serem eficientes em realizar a fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Os benefícios da utilização do *A. brasilense* vão além da fixação biológica do N presente no ar atmosférico, pois essa bactéria, pode estimular o crescimento radicular levando a um maior volume de exploração do solo e conseqüentemente, uma maior disponibilidade de água e nutrientes à cultura, o que pode impactar positivamente no rendimento final de grãos da cultura (DIDONET et al., 2000).

A inoculação das bactérias de forma correta é um dos principais cuidados a serem tomados para que estas possam cumprir o seu papel de fixadora do nitrogênio atmosférico, pois em condições de altas temperaturas e sua aplicação conjunta com agroquímicos podem afetar sua viabilidade (HUNGRIA et al., 2010).

Existem diferentes formas de realizar a inoculação dessas bactérias, podendo esta ser na forma líquida sobre as sementes no momento da semeadura, na forma de turfa com a utilização de um adesivo para que as mesmas possam se fixar as sementes, aplicação via sulco bem como, via folha nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas embora esta última não tenha se mostrado tão eficientes quando comparada a inoculação diretamente na semente ou sulco (EMBRAPA, 2007).

Estudos realizados pela EMBRAPA mostram incremento do rendimento de grãos de milho na proporção de 24 a 30% com inoculação de *A. brasilense* (HUNGRIA, 2011). Nessa mesma linha de estudo, diversos outros autores como, Reis (2007), Reis Júnior et al. (2008), Bartchechen et al. (2010), Braccini et al. (2012) e Pereira, et al. (2017) colocam que a utilização de *A. brasilense* via semente deve ser uma prática quando se busca ganhos em produtividade. Estudos nessa mesma linha e com inoculação via semente na cultura do trigo, também mostram incremento na produtividade (HUNGRIA et al., 2010; MENDES et al., 2011; PICCININ et al., 2011; PICCININ et al., 2013).

Diferentemente do que ocorre com o rizóbium que formam nódulos para a fixação biológica de N na cultura da soja, as bactérias fixadoras de nitrogênio nas

gramíneas não formam nódulos e encontram-se na região da rizosfera nas raízes. Independente disso, o termo simbiose significa uma troca entre a planta e a bactéria, no caso da planta, essa fornece produtos da fotossíntese e condições para a sobrevivência destas bactérias, em troca, essas conseguem transformar o N atmosférico em amônio que é a forma assimilável pelas plantas através da enzima nitrogenase (Freitas, 2010).

O resíduo da criação de aves tem sido apontado como outra importante fonte de nitrogênio às gramíneas que após passar por um processo de mineralização fica disponível as plantas (BRIEDIS et al., 2011). Este tipo de resíduo é facilmente encontrado nas pequenas propriedades rurais e devido ao seu baixo custo pode ser um importante aliado no fornecimento do N às culturas do trigo e milho. É importante observar, que diferentemente do que ocorre com uma fonte mineral onde a disponibilidade de N às plantas é rápida após a aplicação, com a cama de aves, essa liberação do N é mais lenta e gradual ao longo do ciclo da cultura o que não deixa de ser importante, porém pode comprometer a disponibilidade em momentos de maior demanda da cultura.

Por isso alguns autores sugerem quando se trabalhar fontes alternativas de N, a utilização de uma fonte mineral e orgânica, buscando melhorar a eficiência de utilização do N e o sincronismo entre disponibilidade e demanda pela planta (BRIEDES et al., 2011; SANTOS et al., 2014; DEMARI et al., 2016). No solo, além de uma fonte de nutrientes, a cama de aves auxilia no aumento da matéria orgânica, atividade biológica do solo e estruturação, por se tratar de uma fonte orgânica (ANDREOLA et al., 2000; SILVA et al., 2014), além de aumentar a CTC, concentração de micronutriente, infiltração e retenção de água no solo, aeração, diversidade microbiana e também na redução da atividade de elementos tóxicos (ROCHA et al., 2004). A quantidade de nutrientes contida na cama de aves pode variar conforme o número de lotes que foram criados sobre um mesmo composto na unidade de produção animal (SANTOS et al., 2014). Logo, a cama de aves torna-se uma aliada e importante fonte de nitrogênio para culturas como o trigo e o milho, pois além de ser um subproduto que pode ser comercializado pelo avicultor e agregar renda à propriedade, este material pode ser utilizado pelos produtores em seus próprios cultivos como comprovado por Demari et al. (2016) onde mostram os benefícios da utilização da cama de aves em substituição parcial do N com incremento no rendimento de grãos de trigo.

A cama de aves apresenta-se como um material de altos teores de fibras, ligninas e alta relação C/N, devido a este fato a liberação de nutrientes às culturas ocorre de forma gradual, não disponibilizando todos os nutrientes no primeiro cultivo após a sua aplicação na lavoura (COLUSSI, 2013). Considera-se que apenas 50% do nitrogênio e 80% do fósforo da cama de aves estarão disponíveis para a primeira cultura quando aplicada sobre o solo, enquanto que para o potássio este é disponibilizado 100% no primeiro cultivo. Por isso, o conhecimento destes valores deve ser levado em conta no planejamento da lavoura quanto à adubação, pois a demanda de nutrientes que a cultura exige deve ser atendida de maneira precisa, com complementação da adubação mineral de maneira eficaz, evitando assim possíveis contaminações de lençol freático do solo principalmente pelo excesso de nitrogênio ou a falta de nutrientes que pode acarretar na diminuição do rendimento de grãos da lavoura (CQFS – RS/SC, 2016).

3 ARTIGO 1 – FONTE ORGÂNICA E MINERAL DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO TRIGO

3.1 RESUMO

A adubação nitrogenada na cultura do trigo é a que mais impacta nos custos de produção no item adubação, devido sua importância e necessidade dessa cultura. Desta forma, cama de aves e bactérias fixadora de nitrogênio podem ser alternativas de estratégias de manejo para suprir a demanda nitrogenada, porém, a utilização dessas estratégias de forma isolada ou associada a adubação mineral ainda é pouco estudada. O objetivo deste trabalho foi de avaliar os impactos da bactéria *A. brasilense* associada à cama de aves e a adubação mineral sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade final de grãos de trigo. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 8 tratamentos e 8 repetições, sendo eles: Os tratamentos foram assim constituídos: T1 - Testemunha, T2 - *A. brasilense*, T3 - 100% N-mineral, T4 - 100% N-mineral + *A. brasilense*, T5 - 50% N-mineral + 50% N-orgânico, T6 - 50% N-mineral + 50% N-orgânico + *A. brasilense*, T7 - 100% N-orgânico, T8 - 100% N-orgânico + *A. brasilense*. Os parâmetros de planta e produtividade final de grãos de trigo obtidos demonstram que a utilização da bactéria *A. brasilense* não proporcionou diferenças estatísticas no estudo conduzido, porém em relação as fontes de adubação e para a produtividade, a utilização da ureia de forma isolada ou associada a cama de aves (50% N-mineral + 50% N-orgânico) não diferiram entre si e foram superiores aos demais tratamentos, mostrando que a suplementação total de N via cama de aves não é a melhora estratégia para a produtividade final de grãos.

Palavras-chave: Cama de aves. Fixação de nitrogênio. Nutrição mineral.

3.2 ABSTRACT

A nitrogen fertilization in the wheat crop is what most affects the production cost in the fertilization item, due to its importance and need for this culture. Thus, poultry litter and nitrogen-fixing bacteria can be alternatives for management strategies to supply nitrogen demand, however, the use of these strategies in isolation or associated with mineral fertilization is still poorly studied. Therefore, the objective of this work was to evaluate the impacts of *A. brasilense* bacteria associated with poultry litter and mineral fertilization on some plant parameters and on the final productivity of wheat grains. The experimental design was randomized blocks, with 8 treatments and 8 repetitions, they being like this constituted: T1 - Control, T2 - *A. brasilense*, T3 - 100% N-mineral, T4 - 100% N -mineral + *A. brasilense*, T5 - 50% N-mineral + 50% N-organic, T6 - 50% N-mineral + 50% N-organic + *A. brasilense*, T7 - 100% N-organic, T8 - 100 % N-organic + *A. brasilense*. The parameters of plant and final productivity of the wheat grains obtained demonstrate that the use of the bacteria *A. brasilense* did not present statistical differences in the study conducted, however, in relation to fertilizer sources and productivity, the use of urea alone or associated with poultry litter (50% N-mineral + 50% N-organic) did not differ from each other and were superior to the other

treatments, showing that total N supplementation via poultry litter is not the best strategy for the final grain yield.

Keywords: Poultry litter. Nitrogen fixation. Mineral nutrition.

3.3 INTRODUÇÃO

Na safra 2019, o Rio Grande do Sul produziu 42,5 % da produção nacional de trigo (*Triticum aestivum*), além disso o Brasil importa mais que o dobro de sua produção (CONAB, 2019). Essa falta de produção para atender a demanda interna se deve principalmente ao custo de produção e desvalorização do produto, porém em relação ao item adubação o N é o nutriente de maior demanda da cultura.

A aplicação de uma fonte mineral é a forma mais comum de atender a demanda de N na cultura do trigo, devido a sua praticidade, alta solubilidades e rápida disponibilidade as plantas, além do fator momento de aplicação que pode estar em maior sincronismo com demanda da cultura. Entretanto, essa alta solubilidade pode potencializar as perdas para o ambiente através da lixiviação e/ou volatilização (TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

Com base nisso, novas tecnologias mais sustentáveis estão ganhando espaço nos sistemas de produção, entre elas se destacam a utilização de resíduos orgânicos oriundos da produção animal e mais recentemente, estudos como a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento com ênfase para as do gênero *Azospirillum* (MILLÉO & CRISTÓFOLI, 2016), como forma de minimizar o custo de produção e o impacto sobre o ambiente e por uma agricultura mais sustentável (SÁ et al., 2017).

Por ser uma tecnologia recente, ainda são poucas e as vezes contraditórios as informações na literatura com relação a utilização das bactérias do gênero *Azospirillum* no tratamento de sementes. Essa falta de resposta de maneira mais concisa da utilização de bactérias do gênero *Azospirillum*, pode estar associado a fatores bióticos e abióticos, porém faltam estudos com relação à utilização desse inoculante via semente associado a uma fonte orgânica. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar fontes de nitrogênio associado a utilização de *A. brasilense*, sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade final de grãos de trigo.

3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano 2018, no município de Frederico Westphalen, situado na região do Médio Alto Uruguai a uma altitude de 483 m. O clima característico da região é subtropical úmido, Cfa, temperatura média anual de 19°C e a precipitação pluviométrica média anual de 1.880 mm aproximadamente segundo Köeppen. O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico típico, com textura argilosa (EMBRAPA, 2013), cujas características físicas e químicas da camada de 0-20 cm de profundidade se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Análise física e química do solo de 0-20 cm de profundidade da área experimental, Frederico Westphalen no ano de 2018.

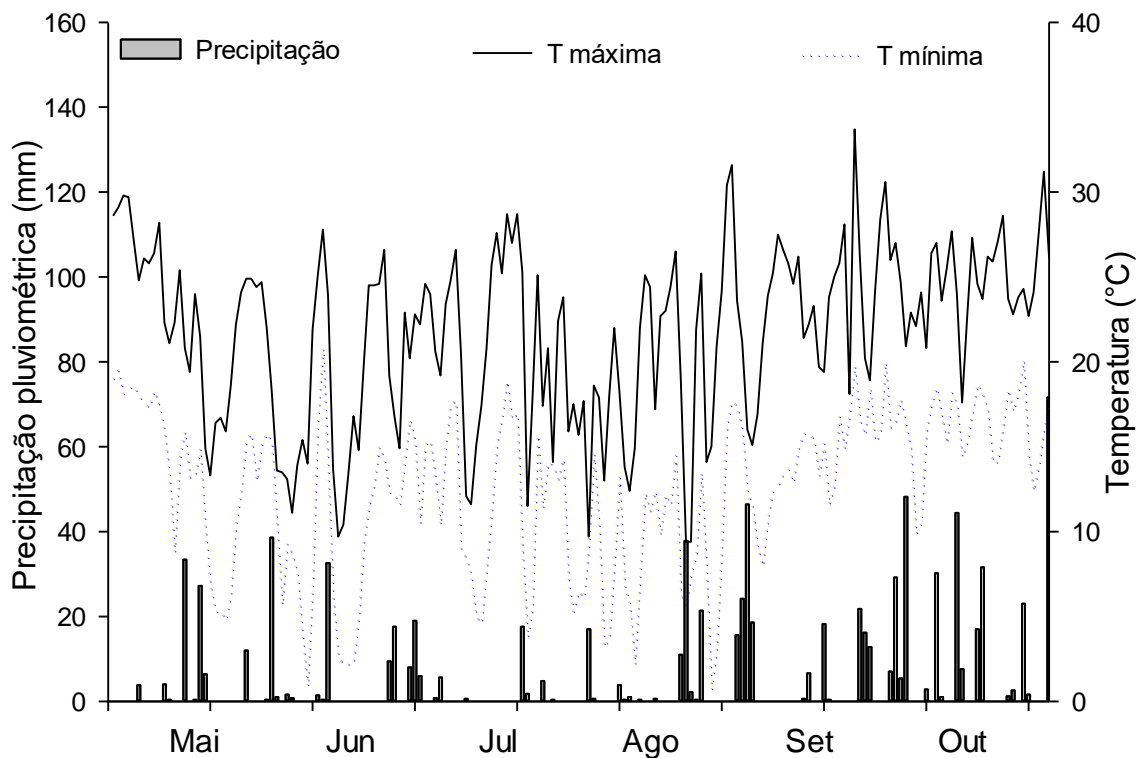
Análise	Unidade	Valor
pH em água	-	5,9
Argila	mg dm ⁻³	710
Areia	mg dm ⁻³	199
Silte	mg dm ⁻³	96
Matéria orgânica (MO)	%	2,7
P (Mehlich ⁻¹)	mg dm ⁻³	4,8
K ⁺	mg dm ⁻³	69,5
Al ³⁺	cmolc dm ⁻³	0,0
Acidez potencial	cmolc dm ⁻³	4,4
Ca ²⁺	cmolc dm ⁻³	6,6
Mg ²⁺	cmolc dm ⁻³	2,9
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	cmolc dm ⁻³	14,1
Saturação da CTC por bases (V)	%	68,7

Fonte: O Autor (2019).

O acumulado de chuva foi em torno de 700 milímetros bem distribuído ao longo do ciclo da cultura e atendendo a demanda da mesma. No entanto, um dia após a semeadura e aplicação dos tratamentos foi realizado uma irrigação de 12 mm para dissolver o N mineral aplicado sobre a linha de semeadura e ter umidade suficiente para garantir uma boa germinação e emergência. Quanto as temperaturas, estas ficaram ao redor de 20 °C ideal para um bom desenvolvimento da cultura. Todos os dados referentes às condições climáticas apresentadas neste trabalho foram coletados da estação meteorológica automática, instalada na Universidade Federal

de Santa Maria campus Frederico Westphalen a uma distância aproximada de 1000 metros da área experimental (Figura 1).

Figura 1. Temperaturas médias diárias e precipitação diária durante os meses de condução do experimento. Frederico Westphalen (RS), 2018.



Fonte: O Autor (2019).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 8 repetições para se obter uma maior precisão dos resultados, e os tratamentos constaram de associações de fontes de nitrogênio mineral (ureia 45%) e orgânico (cama de aves base seca 2,7% de N) associados ou não com *A. brasilense*: T1= testemunha sem aplicação de qualquer fonte de nitrogênio; T2= *A. brasilense*; T3= 100% de N-mineral; T4= 100% de N-mineral + *A. brasilense*; T5= 50% de N-mineral + 50% N-orgânico; T6= 50% de N mineral + 50% de N-orgânico + *A. brasilense*; T7= 100% N-orgânico; T8= 100% N-orgânico + *A. brasilense*. A quantidade de N aplicada na cultura foi de 60 kg de N ha⁻¹, com base na expectativa de rendimento de 4000 kg ha⁻¹, conforme o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina

(CQFS-RS e SC, 2016), porém para a adubação orgânica foi considerado 100% do N mineralizado durante o cultivo.

A área experimental possuía um histórico de 5 anos de plantio direto com rotação de cultura (nabo+aveia, milho, soja, trigo e soja, nabo+aveia e milho), a área encontrava-se com palhada da cultura antecessora soja (*Glycine max*) e azevém (*Lolium multiflorum*) em estadio inicial, desta forma, efetuou-se a dessecação com Glifosato (Roundup®) 3,5 L ha⁻¹. As sementes de trigo foram inoculadas 30 minutos antes da semeadura com *Azospillum brasilense* (Azototal®), o qual possui estirpes AbV5 e AbV6 e concentração de 2,0 x 10⁸ Unidade formadora de colônia –UFC, ml⁻¹ desenvolvido pela Embrapa e Total Biotecnologia, aplicando-se 2,5 ml kg⁻¹ de sementes de trigo. 22 dias após a dessecação efetuou-se à semeadura do trigo – cultivar TBIO TORUK com densidade de 3,4 milhões de sementes ha⁻¹ no dia 26/05/2018. Para essa operação, foi utilizada uma semeadura de inverno com 16 linhas espaçadas 17 cm entre elas ficando as parcelas com dimensões de 2,72 metros de largura por 6 metros de comprimento. As sementes foram tratadas com inseticida Vitavax Thiram 200 SC 3 ml kg⁻¹ de semente e fungicida Much 600 FS 1 ml kg⁻¹ de semente um dia antes da semeadura.

Primeiramente efetuou-se a semeadura das sementes não inoculadas e posteriormente as sementes inoculadas. Nessa mesma operação foi aplicado 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) no sulco de semeadura e após essa operação, no mesmo dia, a aplicação de 70 kg ha⁻¹ de K₂O a lanço em todas as parcelas. No dia seguinte da semeadura, efetuou-se a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N mineral sobre o sulco de semeadura nos tratamentos com N mineral e toda a cama de aves a lanço 1.111 e 2.222 Kg ha⁻¹ de cama de aves para 50% e 100% do N, respectivamente nos tratamentos que envolvia aplicação dessa fonte de forma isolada e/ou associada. Após foi efetuado uma irrigação no entardecer para minimizar possíveis perdas de nitrogênio por volatilização. O restante do N mineral 40 Kg ha⁻¹ foi aplicado de forma dividida igualmente nos tratamentos que envolveram a utilização dessa fonte nos estadios fenológicos de perfilhamento e alongação do trigo.

Para o manejo da cultura como relação as práticas de proteção de plantas via controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas esses foram realizadas com auxílio de um pulverizador manual costal adaptado com barra de 4 bicos e capacidade para 20 L de calda, seguindo a recomendação conforme as indicações técnicas para a cultura do trigo, não interferindo nos resultados (REUNIÃO..., 2018).

Quanto aos caracteres de planta foram feitas as seguintes avaliações em cada unidade experimental: Massa seca de plantas da parte aérea (MS): coletou-se as plantas rente ao solo com um quadro de área conhecida de 0,25 m² no estadio R1, levando-as para uma estufa a 60°C até a obtenção de massa constante pesando e extrapolado para Kg ha⁻¹. Nitrogênio total de planta da parte aérea (NT): foi determinado a partir de uma moagem mais grosseira da massa seca e posterior moagem mais fina em moinho willey de uma pequena parte retirando-se uma porção homogênea para a determinação conforme Tedesco et al. (1995), sendo os resultados expressos em g Kg⁻¹. Teor de clorofila total (TCT) determinado em 5 plantas aleatórias na folha bandeira no estadio R1, segundo Hurtado et al. (2011), com o auxílio do clorofilômetro portátil CLOROFILOG®, sendo os dados expressos num índice adimensional ICF (índice clorofila Falker).

As demais avaliações foram efetuadas após o ponto de maturação fisiológica do trigo onde determinou-se: Número de espigas m⁻² (NEMQ): contou-se as espigas de 2 m lineares e extrapolado para m², resultado em unidades. Cortou-se o perfilho principal em 10 plantas, rente ao chão e aleatoriamente para realizar as seguintes avaliações: Estatura de planta (EP): mediu-se da base até o ápice da espiga descontando as aristas, mensurado com uma régua graduada. Comprimento de espiga (CE): mediu-se da base da espiga até o ápice da espiga descontando as aristas, mensurado com uma régua graduada. Número de espiguetas por espiga (NEE): contado o número de espiguetas férteis na espiga. Número de grãos por espiga (NGE): debulhado a espiga manualmente para contagem de todos os grãos, resultado em unidades. Número de grãos por espiguetas (NGET): razão entre o NGE dividido pelo NEE, resultado em unidades.

Para a massa de mil grãos (MMG): essa variável foi determinada através de oito subamostras de cem grãos de cada parcela que se determinou o rendimento de grãos, onde se obteve a média e ajuste para massa de mil grãos a 13% de umidade, resultado em gramas. Peso hectolitro (PH): foi determinado por balança de peso hectolitro, resultados em kg hl⁻¹. Produtividade final de grãos (PFG): foi determinado através da colheita de todas as plantas da área útil da unidade experimental (4,34 m²), sendo estas trilhadas com um batedor de cereais tratorizado. Posteriormente as amostras foram limpas e o peso corrigido para 13% de umidade e posteriormente extrapolado os dados da produtividade em Kg ha⁻¹.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando as variáveis mostraram significância, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferença significativa a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, para as variáveis EP, CE, NEE, NGE, NEMQ, PH, TCT, NT, MS e PFG enquanto que por outro lado, a variável NGET e MMG não apresentaram diferença significativa (Tabela 2).

Quando observado o resultado para o número de grãos por espiguetas (NGET) o mesmo não apresentou diferença significativa entre todos os tratamentos, nem mesmo para a testemunha sem adubação nitrogenada. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro et al. (2018), onde não encontraram diferença estatística para nenhum dos tratamentos testados, porém esses resultados discordam dos encontrados por Munareto et al. (2019) em que observaram resposta significativa tanto para doses de N quanto somente a inoculação da semente com *A. brasilense*.

Para a MMG também não se observou diferença significativa entre todos os tratamentos estudados, nem mesmo para a testemunha sem adubação nitrogenada. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva e Pires (2017) e Ribeiro et al. (2018), onde não encontraram diferença estatística para nenhum dos tratamentos testados, também Demari et al. (2016) na mesma linha de estudo com fontes de nitrogênio (orgânico e mineral) não observaram diferença estatística para essa variável nos tratamentos estudados. Esses resultados não corroboram com os apresentados por Lemos et al. (2013), onde as cultivares CD 104 e CD 108 aumentaram a MMG com o uso de N e a cultivar CD 150 respondeu significativamente com a adubação nitrogenada mais inoculação com *A. brasilense*. Essa falta de resposta quanto a variável MMG pode estar associada ao fato dessa variável ser muito influenciado pela carga genética do material.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância com informações referentes aos caracteres estatura de planta (EP), comprimento de espiga (CE), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por espiguetas (NGET), número de espigas por metro quadrado (NEMQ), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH), teor de clorofila total (TCT), nitrogênio total de planta da parte aérea (NT), massa seca de planta de parte aérea (MS) e produtividade final de grãos (PFG) obtidos do trigo em função de adubação orgânica e mineral de nitrogênio associadas ao *A. brasilense*, Frederico Westphalen, safra de 2018.

FV ¹	GL	QM					
		EP	CE	NEE	NGE	NGET	NEMQ
Blocos	7	25,77*	0,21 ^{ns}	0,44 ^{ns}	17,59*	0,03*	14.683,0*
Tratamentos	7	25,22*	0,55*	0,90*	30,35*	0,15*	6.026,5*
Erro	49	8,99	0,16	0,37	7,03	0,03	1.489,6
Total	63						
CV-%		4,23	6,60	4,60	9,44	8,41	7,90
Continuação...							
FV ¹	GL	QM					
		MMG	PH	TCT	NT	MS	
Blocos	7	2,93 ^{ns}	2,63*	11,38*	4,79 ^{ns}	1.533.677,23*	
Tratamentos	7	3,90 ^{ns}	6,51*	43,32*	57,53*	1.984.727,17*	
Erro	49	2,11	0,91	4,04	3,22	366.941,74	
Total	63						
CV-%		4,40	1,21	4,42	8,88	10,23	
Continuação...							
FV ¹	GL	QM					
		PFG					
Blocos	7	739.127,40*					
Tratamentos	7	2.697.223,23*					
Erro	49	107.710,15					
Total	63						
CV-%		9,22					

FV¹: Fator de Variação; GL: graus de liberdade; CV-%: coeficiente de variação; QM: quadrado médio das variáveis; *Valores significativos para teste F a 5% de probabilidade de erro; ^{ns}: valor não significativo.

Na tabela 3 pode-se observar que houve diferença significativa entre os tratamentos. Em relação aos tratamentos sem adição de alguma fonte de nitrogênio (Testemunha e *A. brasilense*), todos os tratamentos com adição de nitrogênio independente da fonte, foram estatisticamente superiores para as variáveis EP, CE e NEE. Nos tratamentos com utilização de 100%N-orgânico e 50%N-mineral+50%N-orgânico não houve diferença significativa no comparativo ao tratamento 100%N-

mineral mostrando que para essas variáveis, a adubação orgânica (cama de aves) pode ser uma alternativa viável como fonte de nitrogênio. No entanto, a utilização de *A. brasilense* de forma isolada ou associada com alguma fonte de nitrogênio (mineral e/ou orgânica), não apresentou resposta significativa para essas variáveis estudadas.

Tabela 3. Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre a estatura de planta (EP), comprimento de espiga (CE) e número de espiguetas/espiga (NEE), no trigo. Frederico Westphalen (RS), no ano de 2018.

Tratamentos	EP (cm)	CE (cm)	NEE (nº)
Testemunha	67,86 b	5,61 b	12,66 b
<i>A. brasilense</i>	68,20 b	5,73 b	12,75 b
100%N-mineral	71,69 a	6,42 a	13,54 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	72,58 a	6,26 a	13,51 a
50%N-mineral+50%N-orgânico	71,62 a	6,11 a	13,45 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	71,59 a	6,11 a	13,32 a
100%N-orgânico	71,63 a	6,06 a	13,22 a
100%N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	71,66 a	6,04 a	13,31 a
CV-%	4,23	6,60	4,60

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

Para a EP, resultados semelhantes foram encontrados por Galindo et al. (2017) e Ribeiro et al. (2018) trabalhando doses e fontes de N respectivamente associado a aplicação ou não de *A. brasilense*, onde ambos constataram que o uso de nitrogênio na cultura do trigo aumentou a estatura de planta e que a inoculação com a bactéria não apresentou resposta significativa. O aumento da EP de planta ocorre devido ao uso de nitrogênio nas fases iniciais de desenvolvimento, pois aumenta a produção de fitormônios de promoção do crescimento como as auxinas e conseqüentemente, aumentando a expansão e divisão celular MARSCHNER (1995). Ao estudarem a inoculação de bactérias diazotróficas na cultura do trigo na região centro oeste, Guimarães et al. (2015), também não encontraram diferença na EP ao comparar o uso da bactéria *A. brasilense* e o suprimento de 80 mg dm⁻³ de N. Isso nos remete a pensar que a utilização da inoculação como *A. brasilense* como forma de reduzir custos com adubação de nitrogênio não se justifica.

Para a variável CE, e seguindo o mesmo observado para a estatura de planta, não houve diferença significativas entre os tratamentos quando da aplicação de alguma fonte de nitrogênio ficando todos esses superiores a testemunha e ao próprio tratamento somente com a inoculação do *A. brasilense*. Estudando essa mesma

variável, Ribeiro et al. (2018) observaram que a inoculação com *A. brasilense* melhorou o comprimento da espiga em 2013 o mesmo não observado em 2014 quando da não inoculação e inoculação foliar o que mostra uma certa instabilidade quanto os efeitos da bactéria na cultura do trigo. Além disso, Galindo et al. (2017) e Silva e Pires (2017) não encontraram diferença significativa entre os tratamentos utilizados, inclusive na testemunha sem adubação nitrogenada ou apenas com adubação de base.

Em outro estudo, Lemos et al. (2013) trabalhando 5 cultivares de trigo com ou sem adubação nitrogenada e inoculadas ou não com *A. brasilense*, observaram respostas distintas entre as cultivares, onde apenas as cultivares CD 108 e CD 150 apresentaram resposta significativa para o CE, quando somente inoculada em relação ao tratamento sem nitrogênio, já quando aplicado nitrogênio inoculando ou não as semente, apenas a cultivar CD 108 quando inoculada apresentou uma redução no CE, ao contrário das demais que se mantiveram estatisticamente iguais. Porém, alguns resultados podem estar relacionados a ocorrência de baixas temperaturas durante o perfilhamento do trigo induzindo a um maior perfilhamento (RODRIGUES et al., 2011), e como consequência, um maior número de perfilho por área resultando em um menor comprimento da espiga (TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

Estudando doses de N associadas ou não a inoculação de *A. brasilense* via sementes de trigo, Silva e Pires (2017) e Munareto et al. (2019) não observaram diferença significativa entre os tratamentos mesmo com o aumento da dose de N, devido as condições do solo que fornece um ambiente favorável para as plantas, desta forma impossibilitando alguma resposta devido às práticas de gestão implementadas, diferentemente do observado por Galindo et al. (2017) e Ribeiro et al. (2018), onde observaram um aumento no número de espiguetas por espiga com o aumento da dose de N. Porém, em todos esses estudos foi observado uma falta de resposta a inoculação com *A. brasilense*.

Para as variáveis número de grãos por espiga (NGE), número de espigas por m² (NEMQ) e peso hectolitro (PH) apresentados na tabela 4 se observa para todos os tratamentos uma mesma resposta ao observado para a tabela 3. Independente da fonte e manejo utilizado, todos os tratamentos com adição de N foram superiores a testemunha e ao tratamento só com inoculação da semente com *A. brasilense*.

Tabela 4. Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre a número de grãos por espiga (NGE), número de espigas por m² (NEMQ) e peso hectolitro (PH), no trigo. Frederico Westphalen (RS), no ano de 2018.

Tratamentos	NGE (nº)	NEMQ (nº)	PH
Testemunha	25,83 b	442,92 b	76,73 b
<i>A. brasilense</i>	24,82 b	451,03 b	77,24 b
100%N-mineral	30,35 a	511,74 a	78,95 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	30,47 a	513,28 a	79,38 a
50%N-mineral+50%N-orgânico	28,54 a	505,93 a	78,89 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	28,57 a	506,68 a	78,80 a
100%N-orgânico	28,16 a	490,74 a	78,67 a
100%N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	28,35 a	486,32 a	78,76 a
CV-%	1,96	4,40	3,89

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

Corroborando com esses resultados, Mendes et al. (2011), Lemos e al., (2013), Galindo et al. (2017) e Ribeiro et al. (2018), também observaram aumento significativo apenas quando utilizado alguma fonte nitrogenada ou com aumento da dose, independente da inoculação ou não com *A. brasilense*. Nessa mesma linha de estudo, Nunes et al. (2015), Mumbach et al. (2017) Silva e Pires (2017), também não encontraram efeito significativo para nenhum tratamento estudado, mesmo com o aumento da dose de N e com o uso de *A. brasilense*. A falta de resposta a variável NGE pode estar associada a plasticidade de genótipos de trigo ajustarem suas estruturas morfológicas que respondem ao rendimento de grãos.

Os dados observados para o NEMQ apresentados na tabela 4, divergem com os encontrados por Mumbach et al. (2017), onde observaram resultados significativamente maior no NEMQ em tratamentos em que houve a associação da inoculação com a adubação nitrogenada. Desta forma, os resultados encontrados por esses autores indicam que há benefício a inoculação das sementes de trigo com o *A. brasilense* associado a adubação nitrogenada. Embora o presente trabalho não ter apresentado resposta significativa para a inoculação, o tratamento que melhor sob o ponto de vista numérico foi o 100%N-mineral+*A. brasilense*. Demari et al. (2016) e Silva e Pires (2017), não observaram resposta significativa em nenhum dos tratamentos estudados, até mesmo entre a testemunha.

O PH é importante para a comercialização do trigo, pois implica na qualidade e quanto mais abaixo de 78 kg hl⁻¹ menor o preço pago por Kg do produto. Neste trabalho observou-se diferença significativa somente em relação ao uso de alguma

fonte nitrogenada, corroborando com esses resultados Mumbach et al. (2017), também observaram aumento do PH com o uso de N e inoculação das sementes ou não com *A. brasilense*, porém Mendes et al. (2011), além de obter resultados similares aos autores citados anteriormente, conseguiram resposta significativa quando usado doses 100 e 300 mL de *A. brasilense* em 150 kg de semente de trigo mais 100% da adubação mineral recomendada em comparação apenas ao tratamento com 100% da adubação nitrogenada recomendada. Diferentemente dos resultados encontrados por Demari et al. (2016), onde trabalharam com fontes orgânica e mineral (cama de aves e ureia) associadas ou não, não foi observado diferença de PH mesmo em relação a testemunha sem N. Também, Silva e Pires (2017) e Munareto et al. (2019), avaliaram o PH do trigo com doses de N com inoculação ou não via semente e não observaram resposta significativa para nenhum tratamento. O PH sofre variações devido a interação genótipo ambiente (FRANCESCHI et al., 2009), altos índices de precipitação no final do período reprodutivo ou até mesmo o acamamento da cultura deixando as espigas próximas ao chão recebendo umidade constante, ativam processos enzimáticos na semente (MUNARETO et al., 2019). Segundo Franceschi et al. (2009), quando as enzimas são ativas realizam alterações nas proteínas e amido das sementes, iniciando o processo de germinação, desta forma reduzindo sua qualidade.

Na tabela 5 observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos seguindo a mesma tendência observada para as tabelas 3 e 4. Em relação aos tratamentos sem adição de alguma fonte de nitrogênio (Testemunha e *A. brasilense*), todos os tratamentos com adição de nitrogênio independente da fonte foram estatisticamente superiores para as variáveis TCT e NT. Nos tratamentos com utilização de 100%N-orgânico e 50%N-mineral+50%N-orgânico não houve diferença significativa no comparativo ao tratamento 100%N-mineral mostrando a adubação orgânica (cama de aves) ser uma alternativa viável como fonte de nitrogênio. No entanto, a utilização de *Azospirillum* de forma isolada ou associada com alguma fonte de nitrogênio na forma orgânica ou mineral, não apresentou resposta significativa, apenas foi superior numericamente em relação a todos os tratamentos estudados, nas variáveis TCT e NT no tratamento 100%N-mineral+*A. brasilense*, sendo 14,8% e 48,5% superior a testemunha, respectivamente. Embora o TCT ter respondido dessa forma, resultados semelhantes foram observados por Galindo et al. (2017), onde ao avaliarem doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 Kg ha⁻¹), com ou sem inoculação das sementes de trigo, observaram interação significativa entre doses e inoculação

com *A. brasilense* no ano de 2014, obtendo uma regressão linear crescente até a maior dose utilizada (de 200 kg ha⁻¹ N), porém a regressão sem o uso do inoculante apresentou uma função quadrática com ponto de máxima eficiência em 101 kg ha⁻¹ N, no ano de 2015 ambos tratamentos apresentaram regressão linear, atribuindo essa característica devido ao aumento da concentração de clorofila promovido pela maior disponibilidade de nitrogênio pela planta.

Desta forma confirma-se a correlação significativa ao observar o teor de N na parte aérea do trigo nesse estudo (tabela 5). Resultados obtidos por Demari et al. (2016), ao avaliaram fontes de N (cama de aves e ureia) associadas ou não com alternativa de adubação nitrogenada, e observaram que o TCT entre a testemunha (0% N) e 100% do N via cama de aves, não apresentou diferença significativa, diferente do observado no presente estudo.

Tabela 5. Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre o teor de clorofila total (TCT) e nitrogênio total de planta da parte aérea (NT), no trigo. Frederico Westphalen (RS), no ano de 2018.

Tratamentos	TCT	NT (g Kg ⁻¹)
Testemunha	41,86 b	15,59 b
<i>A. brasilense</i>	42,00 b	16,44 b
100%N-mineral	47,41 a	21,59 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	48,06 a	23,15 a
50%N-mineral+50%N-orgânico	46,46 a	21,55 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	46,52 a	21,26 a
100%N-orgânico	45,80 a	20,94 a
100%N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	45,87 a	21,09 a
CV-%	4,42	8,88

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

Para a variável NT, como observado na tabela 5, essa variável foi inferior apenas nos tratamentos sem aplicação de uma fonte de N (Testemunha e *A. brasilense*), correlacionando-se com os teores de clorofila total obtidos pelo Clorofilog®. Resultados semelhantes observados por Nunes et al. (2015), Galindo et al. (2017) e Silva e Pires et al. (2017), avaliando doses de N e com ou sem inoculação de *A. brasilense*, observaram que o aumento das doses N aumentaram de forma linear o teor de N na planta, no entanto sem resposta significativa quanto a inoculação. Resultados contrários foram observados por, Lemos et al. (2013) que ao avaliaram cinco cultivares de trigo com e sem adubação nitrogenada e inoculadas ou não as

sementes de trigo, as cultivares CD 104, CD 119 e CD 120 não responderam a inoculação e a todos os tratamentos, diferentemente das cultivares CD 108 e CD 150 que apresentaram resposta significativa para a inoculação. O presente trabalho apesar de não obter resposta significativa, o melhor tratamento numericamente foi o 100%N-mineral+A. *brasilense*. Segundo Ali et al. (2002), a captação de nitrogênio atmosférico para as plantas pela fixação biológica de N pode melhorar o desenvolvimento radicular promovido por substâncias produzidas por rizobactérias e como consequência, melhoram a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas de trigo.

Na tabela 6 e para a variável MS, todos os tratamentos com adição de alguma fonte de N não diferiram entre si e foram estatisticamente superiores aos tratamentos sem adição de nitrogênio (testemunha e *A. brasilense*). Estudando doses de nitrogênio associadas ou não a inoculação com *A. brasilense*, Nunes et al. (2014), trabalhando com trigo irrigado no estado de Minas Gerais, também não encontraram resposta significativa para ambos os fatores. Além disso, Demari et al. (2016), utilizando dois locais, Frederico Westphalen e Tenente Portela, trabalhando com cama de aves como alternativa para a adubação nitrogenada na cultura do trigo, também não encontraram diferença para a variável MS, em nenhum dos tratamentos avaliados, muito possivelmente pelo baixo fornecimento de N. Trabalhando a associação de *A. brasilense* com nitrogênio na cultura do trigo, Mumbach et al. (2017) também observaram apenas diferença em relação aos tratamentos sem adubação nitrogenada, corroborando com o presente estudo.

Tabela 6. Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre a massa seca de planta da parte aérea (MS) e produtividade final de grãos (PFG), no trigo. Frederico Westphalen (RS), no ano de 2018.

Tratamentos	MS (kg ha ⁻¹)	PFG (kg ha ⁻¹)
Testemunha	4.915,13 b	2.656,47 c
<i>A. brasilense</i>	5.160,15 b	2.668,27 c
100%N-mineral	6.220,12 a	3.994,58 a
100%N-mineral+A. <i>brasilense</i>	6.405,27 a	4.067,37 a
50%N-mineral+50%N-orgânico	6.320,76 a	3.908,82 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	6.205,94 a	3.973,89 a
100%N-orgânico	6.051,36 a	3.648,92 b
100%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	5.847,29 a	3.539,85 b
CV-%	10,23	9,22

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

Para a produtividade final de grãos (PFG) (tabela 6), se observa que todos os tratamentos com aplicação de N independente da fonte foram superiores a testemunha e ao tratamento apenas com *A. brasilense*. No comparativo entre as fontes de nitrogênio, fica claro que as maiores produtividades foram obtidas quando se aplicou parte ou todo o N na forma mineral, sendo essas produtividades superiores as obtidas nos tratamentos com aplicação total do N via cama de aves. Na média, os tratamentos com aplicação de parte ou do total do N via fonte mineral, o incremento na produtividade final de grãos foi 10,9% superior ao observado para a média nos tratamentos, onde apenas se usou a cama de aves.

Essa falta de uma resposta na produtividade do trigo com a utilização da cama de aves como fonte de nitrogênio pode estar associada à falta de sincronismo entre a demanda pela cultura e a disponibilidade de nitrogênio mineral na solução do solo devido sua lenta liberação. Para a maior produtividade de grãos (4.067 kg ha^{-1}) no tratamento (100%N-mineral+A. *brasilense*), houve um aumento 53,1% no comparativo a testemunha (sem N) o que mostra a importância do nitrogênio para uma alta produtividade do trigo. Nessa mesma linha de pesquisa Fukami et al. (2016), estudaram métodos de inoculação do *A. brasilense* (sementes, sulco de plantio, foliar dirigido no estadio de terceiro perfilho e na superfície do solo no estágio de terceiro perfilho) em trigo na cultivar Pardela em Ponta Grossa, PR, associado as doses de 0, 75 e 100% do N recomendado, também não observaram diferença significativa com ou sem inoculação para o tratamento via semente e somente em relação a dose 0 de nitrogênio houve acréscimo.

Para Munareto et al. (2019) avaliando doses de nitrogênio, 0, 70 140 Kg^{-1} e formas de inoculação, via semente, foliar e ambas nos anos de 2013 e 2014, conseguiram obter respostas significativas para as formas de inoculação e doses, porém vale salientar que as respostas do mesmo tratamento não se repetiram de um ano para outro, muito possivelmente devido à concorrência de bactérias da comunidade microbiana, pois o *A. brasilense* é uma bactéria rizosférica e consequentemente as bactérias nativas são mais adaptadas (Dobbelaere et al. 2003; Nunes et al. 2014). Aliás, essa competição entre bactérias inoculadas com as nativas do solo, pode ser também uma das justificativas para a redução de 13% na produtividade do trigo no tratamento com aplicação da cama de aves para suplementação total do N comparada a produtividade com 100% do N via ureia ambos os tratamentos associado a inoculação com *A. brasilense*. Essa adição de uma fonte

de carbono ativa a biota do solo favorecendo as mais adaptadas ao meio no caso as nativas. Além disso, outros fatores podem contribuir negativamente como taxa de inoculação, características físico-químicas do solo, pesticidas e também genótipos de plantas (LUDWIG et al., 2018), o qual escolhido neste trabalho não obteve a melhor interação com a bactéria.

3.6 CONCLUSÃO

A utilização do *A. brasilense* não se mostrou uma prática eficiente para as variáveis de planta analisadas e na produtividade final de grão de trigo. Quanto a utilização da ureia e da cama de aves como fonte de N, se observa uma resposta significativa no comparativo a testemunha e ao tratamento apenas com inoculação do *A. brasilense*. Porém, quando se compara os tratamentos com aplicação de N, independente da fonte, na produtividade final de grãos, essas foram maiores quando da presença de N, independente da aplicação total ou parcial da recomendação. Isso, nos permite concluir que a utilização de cama de aves como fonte de nitrogênio na cultura do trigo, deveria vir sempre associada a adubação mineral e não aplicada de forma isolada.

3.7 REFERÊNCIAS

ALI, N. A.; DARWISH, S. D.; MANSOUR, S. M. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* inoculation an anhydrous ammonia on root colonization, plant growth and yield of wheat plant under saline alkaline cognition. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n.27, p.5575–5591, 2002.

BODDEY, R. M.; DOBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: Recent progress and perspectives for the future. **Fertilizer Research**, v. 42, p.241-250, 1995.

CQFS, **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, Porto Alegre, 20016, 376p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, V. 7 - Safra 2019/20 – N.3 – Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-109, dezembro 2019. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> > Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

DEMARI, G. H.; CARVALO, I. R.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; DE SOUZA, V. Q.; SOMAVILLA, L.; BASSO, C. J. Cama de aves como alternativa para adubação nitrogenada em trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v.9, n.2, p.224-242, 2016.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Planta de promoção do crescimento efeitos da diazotróficas na rizosfera. **Comentários críticos em Ciências Vegetais**, v.22, p.107-149, 2003

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, 2013. 353 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 35 nº.6. Lavras Nov./Dec. 2011.

FRANCESCHI, L. de; BENIN, G.; GUARIENTI, E.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, v.39, p.1624-1631, 2009.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Acessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express** v. 6, p. 1-13, 2016.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Wheat yield in the Cerrado as affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 52, p. 794-805, 2017.

GALON, L.; DAVID, F. A.; RADUNZ, A. L.; FORTE, C. T.; RADUNZ, L. L.; BEUTLER, A. N.; PERIN, G. F.; KROLOW, I. R.; KUJAWINSKI, R.; CASTOLDI, C. T. Desempenho agrônômico da cultura do trigo após inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.21, ns.1/2, p. 65-71, 2015.

GUIMARÃES, S. L.; VILA, T. A.; SANTOS, M. S. Inoculação de bactérias diazotróficas em plantas de trigo cultivado no Sul de Mato Grosso. **Cerrado Agrociências**, n. 6, p. 45-54, 2015.

HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K.J. et. al. **Physiology and determination of crop yield**. American Society of Agronomy, 1994. Cap.11A, p.285-302.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A. V.; SILVA, C. A.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S.; Nitrogen top dressing for high yield corn based on the chlorophyll meter readings. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.6, p.1011-1017, jun, 2011.

LEMONS, J. M.; GUIMARÃES, V. F.; VENDRUSCOLO, E. C. G.; SANTOS, M. F.; OFFEMANN, L. C. Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, e à adubação nitrogenada em cobertura. **Científica**, v. 41, n.2, p. 189-198, 2013.

LUDWIG, R. L.; MARTIN, T. N.; STECCA, J. D. L.; CUNHA, V. dos S.; NUNES, U. R.; GRANDO, L. F. T. Action specificity of chemical treatment and inoculation with *Azospirillum brasilense* in wheat seed on the crop initial growth. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n.5, p. 407- 414, set/out, 2018.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press** 2^a ed. San Diego, 889 p.1995.

MENDES, M. C.; ROSÁRIO, J. G. DO.; FARIA, M. V.; ZOCHE, J. C.; WALTER, A. L. B. Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 4, n.3, p.95-110, 2011.

MILLÉO, M. V. R.; CRISTÓFOLI, I. Avaliação da eficiência agronômica da inoculação de *Azospirillum* sp. na cultura do milho. **Revista Scientia Agraria** v. 17, p. 14-23, 2016.

MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, É. B.; PORTELA, V. O.; BONFADA, É. B.; KAISER, D. R. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Revista scientia agraria**, vol. 18 n°. 2 Curitiba, p. 97-103, Abr/Jun. 2017.

MUNARETO, J. D.; MARTIN, T. N.; FIPKE, G. M.; CUNHA, V. dos S.; ROSA, G. B. da. Nitrogen management alternatives using *Azospirillum brasilense* in wheat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, e00276, 2019.

NUNES, P. H. M. P.; AQUINO, L. A.; SANTOS, L. P. D. dos; XAVIER, F. O.; DEZORDI, L. R.; ASSUNÇÃO, N. S. Produtividade do trigo irrigado submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 39:174-182, 2015.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2018 / XI Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Cascavel, Pr. 2018. 258 p.

RIBEIRO, R. H.; BESEN, M. R.; FIGUEROA, L. V.; IWASAKI, G. S.; PIVA, C. A. G.; SARTOR L. R.; PIVA, J. T. Seed and leaf inoculation with *Azospirillum brasilense* and increasing nitrogen in wheat production. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3 (2018).

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; COSTENARO, E. R.; SANA, D. Ecofisiologia de trigo: bases para elevado rendimento de grãos. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (Eds.). Trigo no Brasil: Bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, p. 115-134, 2011.

SÁ, J. C. M.; LAL, R.; CERRI, C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; CARVALHO, P. C. de F. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Revista Environment international**, v.98, p.102-112, 2017.

SILVA, S. R.; PIRES, J. L. F. Resposta do trigo BRS Guamirim à aplicação de *Azospirillum*, nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 4, p. 631-638, out-dez, 2017.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 45, p.797-804, 2010.

4 ARTIGO 2 – FONTE ORGÂNICA E MINERAL DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO MILHO

4.1 RESUMO

A adubação nitrogenada na cultura do milho é a que mais impacta nos custos de produção no item adubação, devido sua importância e necessidade dessa cultura. Desta forma, cama de aves e bactérias fixadora de nitrogênio podem ser alternativas de estratégias de manejo para suprir a demanda, porém, a utilização dessas estratégias de forma isolada ou associada a adubação mineral ainda é pouco estudada. Portanto, o objetivo deste trabalho foi de avaliar os impactos da bactéria *A. brasilense* associada à cama de aves e a adubação mineral sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade final de grãos de milho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 8 tratamentos e 8 repetições, sendo os tratamentos assim constituídos: T1 - Testemunha, T2 - *A. brasilense*, T3 - 100% N-mineral, T4 - 100% N-mineral + *A. brasilense*, T5 - 50% N-mineral + 50% N-orgânico, T6 - 50% N-mineral + 50% N-orgânico + *A. brasilense*, T7 - 100% N-orgânico, T8 - 100% N-orgânico + *A. brasilense*. Para os parâmetros de planta e produtividade final de grãos de milho, os dados obtidos demonstram que a utilização da bactéria *A. brasilense* não foi eficiente, porém com relação as fontes de nitrogênio, quando utilizado ureia ou cama de aves+ureia a produtividade final de grãos foi maior comparada a obtida somente com aplicação da cama de aves. Por isso, a utilização desse resíduo como fonte de N deve vir associado a adubação mineral.

Palavras-chave: Cama de aves. Fixação de nitrogênio. Nutrição mineral.

4.2 ABSTRACT

Nitrogen fertilization in corn is the one that most impacts production costs in the fertilization item, due to its importance and the need for this crop. Thus, poultry litter and nitrogen-fixing bacteria can be alternatives for management strategies to supply the demand, however, the use of these strategies alone or associated with mineral fertilization is still little studied. Therefore, the objective of this work was to evaluate the impacts of *A. brasilense* bacteria associated with poultry litter and mineral fertilization on some plant parameters and on the final productivity of corn grains. The experimental design used was randomized blocks, with 8 treatments and 8 repetitions, they being like this constituted: T1 - Control, T2 - *A. brasilense*, T3 - 100% N-mineral, T4 - 100% N -mineral + *A. brasilense*, T5 - 50% N-mineral + 50% N-organic, T6 - 50% N-mineral + 50% N-organic + *A. brasilense*, T7 - 100% N-organic, T8 - 100 % N-organic + *A. brasilense*. For the parameters of plant and final productivity of maize grains, the data obtained demonstrate that the use of the bacterium *A. brasilense* was not efficient, however with respect to nitrogen sources, when urea or poultry litter was used, urea at the end of grains was higher compared to the use only with application of poultry litter. For this reason, the use of this residue as a source of N must be associated with mineral fertilization.

Keywords: Poultry litter. Nitrogen fixation. Mineral nutrition.

4.3 INTRODUÇÃO

A produção mundial de milho se concentra em três países que detêm mais de 60% do total produzido do cereal, sendo EUA a China e o Brasil com produção de 364,3, 257,3 e 101,0 milhões de toneladas, respectivamente segundo o Departamento de Agricultura Americano – USDA, para a produção desta cultura é necessário grande quantidade de nutrientes, entre eles, o nitrogênio é o mais absorvido, exercendo funções metabólicas essenciais na planta como: constituinte da clorofila, de enzimas, ácidos nucleicos, proteínas, ATP, NADH e NAHPH (HARPER, 1994) e sua deficiência na planta pode reduzir a produtividade bem como a qualidade final grãos.

No milho, a utilização de fontes minerais tem sido a principal forma de suprir a demanda de nitrogênio pela cultura, devido sua concentração conhecida, alta solubilidade e rápida disponibilidade as plantas, facilidade no manuseio e o próprio manejo podendo essa aplicação estar em maior sincronismo com a demanda da planta. Por outro lado, essa alta solubilidade pode potencializar perdas de nitrogênio para o ambiente através de lixiviação e/ou volatilização (TEIXEIRA FILHO et al. 2010).

Por isso, a busca por tecnologias e estratégias de manejo mais sustentáveis para com o nitrogênio tem sido uma constante entre pesquisadores, técnicos e produtores. Por isso, a utilização de resíduos orgânicos advindos da produção animal bem como a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento com ênfase para as do gênero *Azospirillum* (MILLÉO & CRISTÓFOLI, 2016) tem sido cada vez mais estudado.

Com relação a cama de aves, sua utilização como fonte de nitrogênio pode trazer benefícios para a cultura, isso por que, devido a sua alta relação C/N esses nutrientes são disponibilizados de forma gradual ao longo do ciclo da cultura o que é bom sob o ponto de vista nutricional, além do aumento nos teores e carbono e matéria orgânica (SILVA et al., 2014). Por outro lado, essa liberação mais lenta e gradual dos nutrientes da cama de aves pode não atender a demanda de nitrogênio nos picos de maior necessidade pela cultura.

Já as bactérias do gênero *Azospirillum*, principalmente a espécie brasileira que possui comercialização no Brasil, têm poder de produzir diversos estímulos nas plantas como a fixação biológica de N que é o principal (FUKAMI et al., 2016), além

de produção de hormônios de desenvolvimento como citocininas, giberelinas e auxinas, promovendo maior crescimento radicular e conseqüentemente aumentando a área de absorção de água e nutrientes (KAZI et al., 2016). Porém, por ser uma tecnologia recente, ainda são poucas e as vezes contraditórios as informações na literatura com relação a utilização das bactérias do gênero *Azospirillum* no tratamento de sementes.

Essa falta de resposta de maneira mais concisa da utilização de bactérias do gênero *Azospirillum*, pode estar associado a fatores bióticos e abióticos, porém faltam estudos com relação à utilização desse inoculante via semente associado a adubação orgânica. Portanto, o presente estudo teve por objetivo avaliar o impacto da inoculação da bactéria *A. brasilense* em fontes de nitrogênio como a cama de aves e a adubação mineral associadas ou não, sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade final de grãos do milho.

4.4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra agrícola de 2018/19, no município de Frederico Westphalen, situado na região do Médio Alto Uruguai a uma altitude de 483 m. O clima característico da região é subtropical úmido, Cfa, temperatura média anual de 19°C e a precipitação pluviométrica média anual de 1.880 mm aproximadamente segundo Köppen.

O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico típico, com textura argilosa (EMBRAPA, 2013), cujas características físicas e químicas da camada de 0-20 cm de profundidade se encontram na Tabela 1.

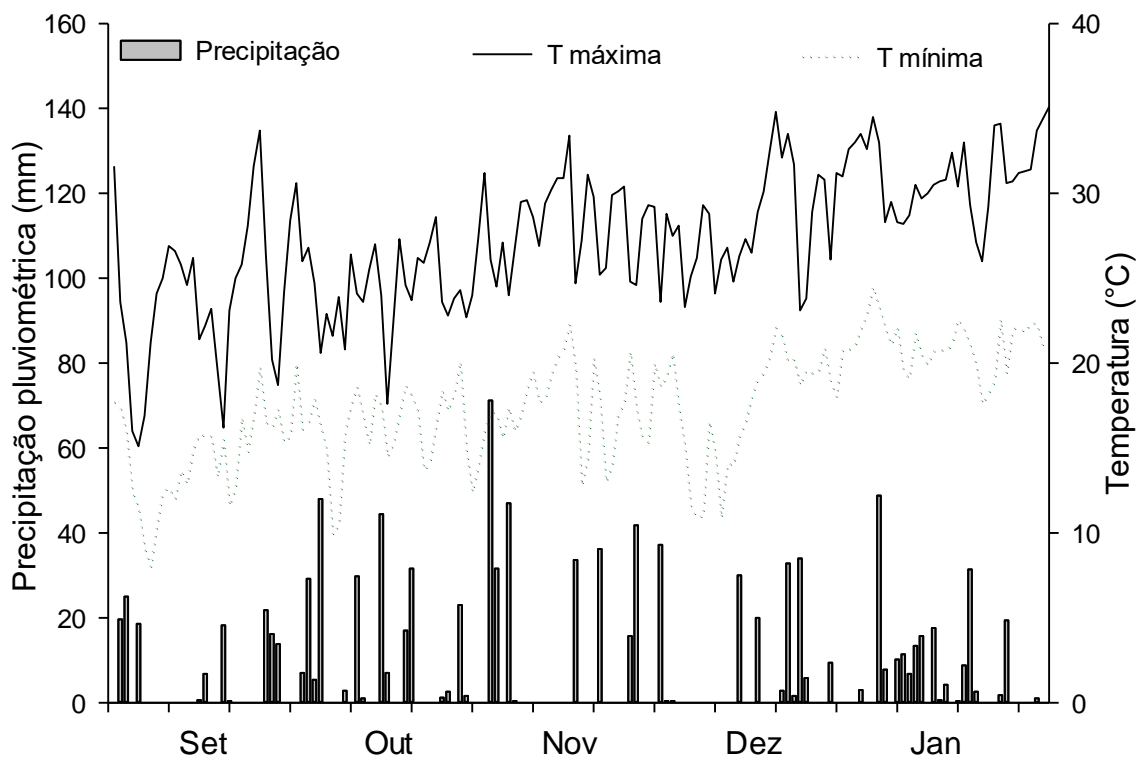
Tabela 1. Análise física e química do solo de 0-20 cm de profundidade da área experimental, Frederico Westphalen, no ano de 2018.

Análise	Unidade	Valor
pH em água	-	5,9
Argila	mg dm ⁻³	710
Areia	mg dm ⁻³	199
Silte	mg dm ⁻³	96
Matéria orgânica (MO)	%	2,7
P (Mehlich ⁻¹)	mg dm ⁻³	4,8
K ⁺	mg dm ⁻³	69,5
Al ³⁺	cmolc dm ⁻³	0,0
Acidez potencial	cmolc dm ⁻³	4,4
Ca ²⁺	cmolc dm ⁻³	6,6
Mg ²⁺	cmolc dm ⁻³	2,9
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	cmolc dm ⁻³	14,1
Saturação da CTC por bases (V)	%	68,7

Fonte: O Autor (2019).

O acumulado de chuva foi em torno 1050 mm milímetros bem distribuído ao longo do ciclo da cultura atendendo sua demanda. No entanto, um dia após a semeadura e aplicação dos tratamentos foi realizado uma irrigação de 19,5 mm para dissolver o N sobre a linha de semeadura e ter umidade suficiente para germinação. Quanto à temperatura média, estas ficaram ao redor de 22 °C, ideal a temperatura que a cultura necessita para seu ideal desenvolvimento. Todos os dados referentes às condições climáticas apresentadas neste trabalho foram coletados da estação meteorológica automática de Frederico Westphalen, RS, instalada na Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen a uma distância aproximada de 1000 metros da área experimental (Figura 1).

Figura 1. Temperaturas médias diárias e precipitação diária durante os meses de condução do experimento. Frederico Westphalen (RS), 2018/19.



Fonte: O Autor (2019).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 8 repetições para se obter uma maior precisão dos resultados, e os tratamentos constaram de associações de fontes de nitrogênio mineral (ureia 45%) e orgânico (cama de aves base seca 2,70% de N) associados ou não com *A. brasilense*: T1= testemunha sem aplicação de qualquer fonte de nitrogênio; T2= *A. brasilense*; T3= 100% de N-mineral; T4= 100% de N-mineral + *A. brasilense*; T5= 50% de N-mineral + 50% N-orgânico; T6= 50% de N mineral + 50% de N-orgânico + *A. brasilense*; T7= 100% N-orgânico; T8= 100% N-orgânico + *A. brasilense*. A quantidade de N aplicada na cultura foi de 130 kg de N ha⁻¹, com base na expectativa de rendimento de 4000 kg ha⁻¹, conforme o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS e SC, 2016), porém para a adubação orgânica foi considerado 100% do N mineralizado durante o cultivo.

As sementes de milho foram inoculadas 30 minutos antes da semeadura com *A. brasilense* (Azototal®), o qual possui estirpes AbV5 e AbV6 e concentração de 2,0 x

10⁸ Unidade formadora de colônia –UFC, ml⁻¹ desenvolvido pela Embrapa e Total Biotecnologia, aplicando-se 4,0 ml kg⁻¹ de sementes de milho.

A área experimental possuía um histórico de 5 anos de plantio direto com rotação de cultura, no momento encontrava-se com a cultura da aveia branca (*Avena sativa*) em estadio de alongação do caule, desta forma, efetuou-se a dessecação com Glifosato (Roundup®) 3,5 L ha⁻¹, 25 dias após a dessecação ocorreu à semeadura do milho – cultivar Agroeste 1666 com densidade de 65 mil sementes ha⁻¹. No dia 31/08/2018 foi realizada a semeadura utilizando-se uma semeadoura de verão de 6 linhas de 45 cm entre linha, as parcelas totalizaram 2,7 metros de largura por 6 metros de comprimento. Primeiramente foi passado a semeadoura aplicando 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e após essa operação demarcou-se o experimento e aplicado a em cobertura 130 kg ha⁻¹ de K₂O em todas as parcelas, no dia 01/09/2018 efetuou-se a semeadura primeiro com a semente sem inoculação e depois com a inoculada, com um semeador manual com duas sementes por cova e com uma barra de medida para perfazer a população estipulada por área, posteriormente as plantas foram raleadas. Nesse mesmo dia, pela parte da tarde aplicou-se 30 kg ha⁻¹ de N mineral sobre a linha de semeadura e o restante em V4 e V7, nos tratamentos com N mineral. Nos demais tratamento com N orgânico aplicou-se a lanço todo o N estipulado para 50% e 100% no peso de 2.407 e 4.814 Kg ha⁻¹ de cama de aves respectivamente, após foi efetuado uma irrigação no período perto do anoitecer para evitar volatilização.

O manejo da cultura, como as práticas de proteção de plantas via controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizadas por um pulverizador manual costal adaptado com barra de 4 bicos e capacidade para 20 L de calda, seguindo a recomendação conforme as indicações técnicas para a cultura do milho, não interferindo nos resultados (REUNIÃO..., 2017).

Quanto aos caracteres de planta foram feitas as seguintes avaliações em cada unidade experimental: Massa seca de plantas da parte aérea (MS): coletou-se 5 plantas rente ao solo aleatoriamente no estadio R1 da escala de Ritchie et al. (1993), na segunda linha de semeadura, levando-as para uma estufa a 60°C até a obtenção de massa constante, posteriormente pesou-se e extrapolado para Kg ha⁻¹. O nitrogênio total de planta da parte aérea (NT): determinado a partir da moagem da massa seca em um forrageiro primeiramente, após no moinho willey e retirado uma porção homogênea para a determinação conforme Tedesco et al. (1995), resultados em g Kg⁻¹. O teor de clorofila total (TCT) determinado em 5 plantas aleatórias na folha

abaixo a oposta a espiga no estadio R1, segundo Hurtado et al. (2011), com o auxílio do clorofilômetro portátil CLOROFILOG®, sendo os dados expressos num índice adimensional ICF (índice clorofila Falker). Estatura de planta (EP): medindo-se da superfície do solo até a base da última folha estendida na fase de florescimento, resultados em cm. A altura de inserção de espiga (AIE): foi determinada no mesmo momento da avaliação anterior, medindo-se da superfície do solo até a base da 1ª espiga, resultados em cm. A área foliar por planta (AF): mediu-se área foliar de todas as folhas que tinham no mínimo 50% da área verde que é calculado pela expressão $AF = C \times L \times 0,75$, em que C e L representam o comprimento e a largura, respectivamente, de todas as folhas acima de 50% fotossinteticamente ativas segundo TOLLENAAR (1992), resultados em m².

As demais avaliações foram efetuadas após o ponto de maturação fisiológica do milho utilizando 10 espigas colhidas aleatoriamente da área útil de cada parcela, determinou-se: O número de fileiras (NF) e grãos por fileira (NGF): foi contado manualmente o número de fileiras e de grãos por fileira existentes em cada espiga, resultados em unidades. O diâmetro de espiga (DE) e diâmetro do sabugo (DS): determinou-se através do uso de um paquímetro digital, onde mediu-se o centro da espiga e do sabugo debulhado, resultados em cm. O comprimento de espiga (CE): foi obtido através do auxílio de uma régua, medindo-se a partir da base até a fileira maior da espiga, resultado em cm. A massa de mil grãos (MMG): determinado por meio de oito subamostras de cem grãos de cada parcela que se determinou o rendimento de grãos, onde se obteve a média e ajuste para massa de mil grãos a 13% de umidade, resultado em g. Produtividade final de grãos (PFG): foi determinado através da colheita do restante da área útil unidade experimental que foi as 2 linhas centrais por 5 m de comprimento mais as 10 espigas para os parâmetros de rendimento totalizando 4,5 m², sendo estas debulhadas com um trilhador manual e o peso corrigido para 13% de umidade, posteriormente extrapolado os dados da produtividade em Kg ha⁻¹.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando as variáveis mostraram significância, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferença significativa a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, para as variáveis EP, AIE, DC, AF, MS, CE, NGF, DE, DS, NT, CT, MMG e PFG, enquanto que por outro lado, a variável NF não apresentou diferença significativa (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância com informações referentes aos caracteres estatura de planta (EP), altura da inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), área foliar por planta (AF), massa seca de planta da parte aérea (MS), comprimento de espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras (NF), diâmetro de espiga (DE), diâmetro de sabugo (DS), nitrogênio total de planta da parte aérea (NT), teor de clorofila total (TCT), massa de mil grãos (MMG) e produtividade final de grãos (PFG), obtidos do milho em função de adubação orgânica e mineral de nitrogênio associadas a *A. brasilense*, Frederico Westphalen, safra de 2018/19.

FV ¹	GL	QM						
		EP	AIE	DC	AF	MS	CE	
Blocos	3	113,63*	100,20*	0,005 ^{ns}	0,01*	1.761.148,01*	1,03*	
Tratamentos	7	614,02*	232,03*	0,183*	0,02*	11.623.720,19*	15,82*	
Erro	21	19,75	29,39	0,007	0,01	1.653.022,43	0,93	
Total	63							
CV-%		1,96	4,40	3,89	6,44	13,37	5,52	
Continuação								
FV ¹	GL	QM						
		NGF	NF	DE	DS	NT	TCT	MMG
Blocos	3	1,99 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,50 ^{ns}	2,96 ^{ns}	61,04*	723,88*
Tratamentos	7	54,60*	0,13 ^{ns}	12,14*	6,60*	82,06*	629,27*	4.579,26*
Erro	21	3,69	0,22	0,91	0,72	1,57	16,31	152,54
Total	63							
CV-%		5,40	3,25	1,85	3,20	6,78	5,99	2,84
Continuação								
FV ¹	GL	PFG	QM					
Blocos	3	1.920.379,85*						
Tratamentos	7	23.560.496,39*						
Erro	21	675.966,84						
Total	63							
CV-%		7,02						

FV¹: Fator de Variação; GL: graus de liberdade; CV-%: coeficiente de variação; QM: quadrado médio das variáveis; *Valores significativos para teste F a 5% de probabilidade de erro; ^{ns}: valor não significativo.

Quando se observa a variável número de fileira de grãos (NF) a mesma não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, nem mesmo para os tratamentos sem adição de N (testemunha). Essa observação vai de encontro aos apresentados por Freitas et al. (2013) e Pizolato Neto et al. (2016), os quais atribuem esse resultado ao alto controle genético das cultivares de milho.

A EP de milho foi maior quando se aplicou N-mineral, independente da inoculação ou não com *A. brasilense*, bem como sua utilização, associado ou não a fonte de N-orgânico e que pode estar associado a maior solubilidade do N-mineral, tornando-se mais rapidamente disponível às plantas (Tabela 3). Em estudos de Morais et al. (2015) os autores também verificaram que a EP foi maior com o incremento de doses de nitrogênio, e não se verificou efeito da associação com *A. brasilense*. Ao estudarem a utilização de doses de cama de aves associadas ou não ao N mineral em substituição a adubação convencional na cultura do milho, Neto et al. (2018) observaram no tratamento com a dose mais alta, 8 t ha⁻¹ de cama de aves, uma redução da estatura de planta em relação aos demais tratamento com ureia no estadio vegetativo e igualdade no reprodutivo e nos anos subsequentes em igualdade para ambos os estadios, corroborando com o presente estudo, pois devido a baixa mineralização do N da cama de aves, tornando-a insuficiente nos estadios iniciais para a produção de fitormônios de promoção do crescimento como as auxinas e consequentemente aumentando a expansão e divisão celular, a qual resulta em maior estatura de planta MARSCHNER (1995).

Tabela 3. Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre a estatura de planta (EP), altura da inserção da espiga (AIE) e diâmetro do colmo (DC), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19.

Tratamentos	EP (cm)	AIE (cm)	DC (cm)
Testemunha	212,52 b	114,27 b	1,89 b
<i>A. brasilense</i>	213,61 b	116,05 b	1,94 b
100% N-mineral	232,82 a	124,27 a	2,26 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	230,80 a	124,62 a	2,21 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	234,37 a	129,45 a	2,24 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	233,95 a	128,12 a	2,28 a
100% N-orgânico	226,32 b	124,97 a	2,23 a
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	226,35 b	124,85 a	2,19 a
CV-%	1,96	4,40	3,89

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

Independente da fonte de N utilizada, percebe-se que a AIE e o DC foram maiores quando da aplicação de N, no comparativo a testemunha e ao tratamento só com *A. brasilense*. No comparativo a testemunha, a inoculação com *A. brasilense* não foi suficiente para melhorar essas variáveis, o que mostra a baixa eficiência dessa associação. Estudando o manejo do nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto, Kappes et al. (2014), também observaram que o diâmetro de colmo e a altura de planta também se comportaram de maneira similar a esse estudo e ambas as características foram influenciadas somente pelas doses de nitrogênio. O aumento do diâmetro de colmo com a dose de nitrogênio é desejável, pois esta característica morfológica é uma das que mais se relaciona com o percentual de acamamento ou quebra de planta na cultura do milho. Além disso, o diâmetro de colmo é muito importante para a obtenção de alta produtividade, pois, quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos (KAPPES et al., 2011).

A altura de inserção de espiga pode ser considerada alta, já que muitas espigas estão inseridas acima do ponto médio da planta, o que pode tornar o genótipo vulnerável às condições de acamamento e de quebra de planta, pois, quanto maior é a relação entre altura de inserção de espiga e altura da planta, mais deslocado estará o centro de gravidade da planta e maior é a possibilidade de quebra de colmo (KAPPES et al., 2014).

Independente da fonte, a aplicação de N foi suficiente para aumentar a AF e a MS do milho, pois esses foram maiores que o tratamento apenas com *A. brasilense* e a testemunha. O tratamento com inoculação apenas, não foi suficiente para aumentar a produção de massa seca do milho. Quando associado a alguma fonte de nitrogênio, a aplicação de *A. brasilense*, não foi diferente da aplicação apenas de nitrogênio, mostrando que a inoculação não foi eficiente nesse estudo (Tabela 4). Verona et al. (2010) e Repke et al. (2013) também não observaram efeito da inoculação com *A. brasilense* sobre a produção de massa seca e área foliar de milho, respectivamente. Em trabalho de Coelho (2018), maiores valores de produção MS de milho foram encontrados sob adubação orgânica, mas a inoculação de *A. brasilense* não apresentou efeito sobre essa variável.

É importante frisar, que solos com menores teores de N podem potencializar o efeito da associação planta-*A. brasilense*, já que solos com baixo teor desse nutriente

evidencia a produção de N pela bactéria, causando assim um efeito direto sobre a produção de MS, por exemplo (BALDOTTO et al., 2012; COELHO, 2018).

Tabela 4. Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre área foliar por planta (AFP) e massa seca de planta da parte aérea (MS), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19.

Tratamentos	AFP (m ²)	MS (Kg ha ⁻¹)
Testemunha	0,58 b	7.684,15 b
<i>A. brasilense</i>	0,62 b	7.903,07 b
100% N-mineral	0,72 a	10.539,40 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	0,72 a	10.949,05 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	0,73 a	9.906,17 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	0,72 a	10.423,32 a
100% N-orgânico	0,69 a	9.982,75 a
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	0,68 a	9.549,37 a
CV-%	6,44	13,33

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

A aplicação de nitrogênio aumentou o CE, NGF e DE (Tabela 5). O efeito da associação do milho com *A. brasilense* pode ser variável no que diz respeito a características de espiga. Tais são relacionadas a produtividade de grãos do milho e podem explicar variações na mesma. No entanto, a associação de *A. brasilense* com milho não obteve efeito sobre CE, NGF e DE. Para essas características em milho, Repke et al. (2013) também não observou efeito da inoculação com *A. brasilense*. No entanto, Coelho (2018) encontrou aumento no número de grãos por fileira e massa de mil grãos em espigas de milho associado a *A. brasilense*. Essa associação afeta a espiga também e demonstra que o efeito pode depender de algum outro fator que não foi abordado nesse mesmo trabalho. De maneira geral e para essas variáveis, todos os tratamentos com aplicação de N foram superiores a testemunha, porém no comparativo entre as fontes de N, se observa uma resposta significativa para todos os tratamentos que continham parte ou o total de N aplicado via mineral.

Tabela 5. Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre o comprimento da espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF) e diâmetro de espiga (DE), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19.

Tratamentos	CE (cm)	NGF (n°)	DE (mm)
Testemunha	15,15 c	31,14 c	49,38 c
<i>A. brasilense</i>	15,62 c	32,27 c	49,95 c
100% N-mineral	19,11 a	38,07 a	52,68 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	18,49 a	37,82 a	52,73 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	18,34 a	37,59 a	52,16 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	18,20 a	36,86 a	52,04 a
100% N-orgânico	17,64 b	35,26 b	51,34 b
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	17,41 b	35,86 b	51,16 b
CV-%	5,52	5,40	1,85

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

A TCT e o NT foram maiores com a aplicação de N, apresentando comportamentos semelhantes ao observado para as variáveis anteriores. É importante ressaltar também que a inoculação de *A. brasilense* em milho não apresentou efeito sobre TCT e NT, já que a inoculação apenas com *A. brasilense*, não foi estatisticamente superior a testemunha (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas ao *A. brasilense* sobre o teor de clorofila total (TCT) e nitrogênio total de planta da parte aérea (NT), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19.

Tratamentos	TCT	NT (g Kg ⁻¹)
Testemunha	53,06 c	13,01 c
<i>A. brasilense</i>	55,94 c	13,95 c
100% N-mineral	75,65 a	20,59 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	75,93 a	21,05 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	73,25 a	20,76 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	73,32 a	20,69 a
100% N-orgânico	66,98 b	18,86 b
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	65,58 b	18,81 b
CV-%	5,99	6,78

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

Essa resposta pode estar associada à própria função do nutriente na planta, como participação direta na biossíntese de proteínas e clorofilas (ANDRADE et al., 2003). É importante abordar sobre a produção com a inserção de fonte orgânica de

N. Coelho (2018) também não encontrou efeito da associação sobre a quantidade de clorofila, mas observou que a produção orgânica incrementou essa variável analisada.

A aplicação de nitrogênio, principalmente na forma mineral, aumentou o DS (Tabela 7). A inoculação de *A. brasilense* não acarretou em mudanças no DS em relação a testemunha e foi inferior aos tratamentos com aplicação de nitrogênio. Semelhante aos resultados obtidos por Repke et al. (2013), a associação com *A. brasilense* não alterou o DS, no entanto, a aplicação de nitrogênio foi suficiente para incrementar esses valores, pois o DS é muito importante para a obtenção de alta produtividade, pois, quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos (KAPPES et al., 2011; FAVARATO et al., 2016). Matos et al. (2017) não verificaram efeito da inoculação de *A. brasilense* em milho, inclusive, também verificaram a ausência de efeito a aplicação de nitrogênio sobre essa característica.

Tabela 7. Efeito de fontes de nitrogênio mineral e orgânico associadas a *A. brasilense* sobre o diâmetro do sabugo (DS), a massa de mil grãos (MMG) e produtividade final de grãos (PFG), no milho. Frederico Westphalen (RS), safra 2018/19.

Tratamentos	DS (mm)	MMG (g)	PFG (Kg ha ⁻¹)
Testemunha	25,01 b	397,35 c	9.025,32 c
<i>A. brasilense</i>	25,16 b	400,71 c	9.410,82 c
100% N-mineral	27,27 a	455,01 a	13.308,31 a
100%N-mineral+ <i>A. brasilense</i>	27,45 a	458,87 a	13.531,95 a
50%N-mineral+ 50%N- orgânico	26,88 a	450,77 a	12.859,05 a
50%N-mineral+50%N-orgânico+A. <i>brasilense</i>	26,87 a	448,41 a	12.619,12 a
100% N-orgânico	26,48 a	433,64 b	11.584,65 b
100% N-orgânico+ <i>A. brasilense</i>	26,41 a	431,17 b	11.417,02 b
CV-%	3,20	2,84	7,02

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de SCOTT KNOTT a 5% de probabilidade. CV-%: Coeficiente de Variação. N: Nitrogênio.

A massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos. A MMG tem alta dependência da absorção de nitrogênio pelo milho, a qual alcança um pico durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos. A deficiência de nitrogênio, neste período, pode favorecer a formação de grãos com menor massa específica, devido à não translocação deste nutriente em quantidades adequadas para os mesmos (OHLAND et al., 2005).

Para a produtividade final de grãos (tabela 7), se observa que todos os tratamentos com aplicação de N independente da fonte foram superiores a testemunha e ao tratamento só com *A. brasilense*. No comparativo entre as fontes de nitrogênio, fica claro que as maiores produtividades foram obtidas quando da aplicação de parte ou de todo o N na forma mineral sendo essas produtividades superiores as obtidas nos tratamentos com aplicação total do N via cama de aves. Na média e para os tratamentos com aplicação de parte ou do total do N via fonte mineral, o incremento na produtividade final de grãos foi 13,7% superior ao observado para a média nos tratamentos onde só se usou a cama de aves. Essa falta de uma resposta na produtividade do milho com a utilização da cama de aves como fonte de nitrogênio pode estar associada à falta de sincronismo entre a demanda pela cultura e a disponibilidade de nitrogênio mineral na solução do solo devido sua lenta liberação. Para a maior produtividade de grãos (15.291 kg ha⁻¹) no tratamento (100%N-mineral+A. *brasilense*), houve um aumento 49,9% no comparativo a testemunha (sem N) o que mostra a importância do nitrogênio para uma alta produtividade do milho.

Avaliando a aplicação de cama de aves na sucessão aveia/milho, Santos et al. (2014) observaram produtividades semelhantes a adubação mineral corroborando com esse estudo. Diferentemente do observado por Novakowski et al. (2013) onde ao estudarem a adubação com cama de aves em um sistema de integração lavoura-pecuária constataram um incremento na produtividade de grãos de milho quando comparada a aplicação de nitrogênio mineral.

A aplicação da cama de aves juntamente com N mineral, pode ser uma alternativa e uma ferramenta importante para o suprimento adequado de N ao longo de todo o ciclo da cultura, já que são fontes com diferentes velocidades na liberação desse nutriente e sua associação pode levar a um maior sincronismo entre a disponibilidade e a demanda de nitrogênio pela cultura do milho em relação ao uso somente de cama de aves. Além disso, a cama de aves promove outros benefícios que vão além do suprimento de nitrogênio a cultura, como a melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Já a utilização da bactéria *A. brasilense* na produtividade do milho demonstrou ser ineficiente, contrapondo o trabalho de Araújo et al. (2014) em que verificaram um aumento significativo na produtividade de milho verde ao associar o *A. brasilense* a níveis de adubação e podendo-se assim reduzir a doses de N. Nesse mesmo sentido, Oliveira et al. (2018) observaram que a inoculação de *A. brasilense* na semeadura +

N mineral em cobertura pode proporcionar rendimento de grãos semelhantes ao manejo tradicional de N mineral na semeadura e em cobertura, justificando ser uma alternativa viável para se reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados e que não se observou nesse trabalho. Semelhante aos resultados apresentados por Repke et al. (2013) e Sangoi et al. (2015), onde também não encontraram incrementos significativos na produtividade do milho utilizando doses combinadas de nitrogênio com *A. brasilense*. Contudo, a utilização desta bactéria pode ser importante para o alívio de momentos de estresses hídricos na lavoura, e como durante a condução do experimento houve boas condições para o desenvolvimento da cultura, os efeitos do uso da bactéria não foram pronunciados.

Além disso, a competição entre bactérias inoculadas com as nativas do solo, pode ser também uma das justificativas para a redução de 15,6% na produtividade do milho no tratamento com aplicação da cama de aves para suplementação total do N comparada a produtividade com 100% do N via ureia ambos os tratamentos associado a inoculação com *A. brasilense*. Essa adição de uma fonte de carbono ativa a biota do solo favorecendo as mais adaptadas ao meio no caso as nativas. Além disso, outros fatores podem contribuir negativamente como taxa de inoculação, características físico-químicas do solo, pesticidas e também genótipos de plantas (LUDWIG et al., 2018), desta forma ressalta-se a importância do genótipo a ser escolhido, o qual fora utilizado não se obteve a melhor interação rizosférica com a bactéria.

4.6 CONCLUSÃO

A utilização do *A. brasilense* não se mostrou uma prática eficiente para os parâmetros de plantas analisadas e na produtividade final de grão do cultivar de milho. Quanto a utilização de fontes de N, se observa uma resposta significativa no comparativo a testemunha independente da fonte utilizada, porém, quando se observa a produtividade final, essas foram maiores quando se tem aplicação de N-mineral no tratamento. Logo, a utilização de cama de aves como fonte de nitrogênio na cultura do milho deveria vir associado a adubação mineral e não aplicada de forma isolada.

4.7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 1643-1651, 2003.

ARAÚJO, R. M.; Araújo, A. S. F. de; Nunes, L. A. P. L.; Figueiredo, M. do V. B. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Revista Ciência rural**, v.44, n.9, set, 2014.

BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B.; SANTANA, R. B.; MARCIANO, C. B. Initial performance of maize in response to NPK fertilization combined with *Herbaspirillum seropedicae*. **Revista Ceres**, v. 59, n.6, p. 841-849, 2012.

BODDEY, R. M.; DOBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: Recent progress and perspectives for the future. **Fertilizer Research**, v. 42, p.241-250, 1995.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. dos S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade de 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.

CQFS, **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, Porto Alegre, 20016, 376p.

COELHO, S. P. ***Azospirillum brasilense* no sistema de plantio direto orgânico e convencional de milho**. 2018. 53 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, V. 7 - Safra 2019/20 – N.3 – Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-109, dezembro 2019. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> > Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M de; GUARCONIL, R. C.; BALBINO, J. M. de S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Revista Bragantia**, Campinas, v.75, n.4, p.497-506, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 35 nº.6. Lavras Nov./Dec. 2011.

FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S.; SANTOS, F. L. S. População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 79-87, 2013.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express** v. 6, p. 1-13, 2016.

- HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K.J. et. al. **Physiology and determination of crop yield**. American Society of Agronomy, 1994. Cap.11A, p.285-302.
- HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A.V.; SILVA, C.A.; CORAZZA, E.J.; SHIRATSUCHI, L.S.; Nitrogen top dressing for high yield corn based on the chlorophyll meter readings. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.41, n.6, p.1011-1017, jun, 2011.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 334-343, 2011.
- KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 201-217, 2014.
- KAZI, N.; DEAKER, R.; WILSON, N.; MUHAMMAD, K.; TRETOWAN, R. The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. **Field Crops Research** v. 196, p. 368-378, 2016.
- LUDWIG, R. L.; MARTIN, T. N.; STECCA, J. D. L.; CUNHA, V. dos S.; NUNES, U. R.; GRANDO, L. F. T. Action specificity of chemical treatment and inoculation with *Azospirillum brasilense* in wheat seed on the crop initial growth. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n.5, p. 407- 414, set/out, 2018.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. e OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFÓS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. 2. Ed. San Diego: Academic Press, 1995, 889p.
- MATOS, F. B.; OOLIVEIRA, F. F.; PIETROSKI, M.; MULLER, P. F.; TAKESHITA, V.; CAIONE, G. Uso de *Azospirillum brasilense* para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.1, p. 131-141, 2017
- MELERO, M. M.; GITTI, D. de C.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Coberturas vegetais e doses de nitrogênio em trigo sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 343-353, 2013.
- MILLÉO, M. V. R.; CRISTÓFOLI, I. Avaliação da eficiência agrônômica da inoculação de *Azospirillum* sp. na cultura do milho. **Revista Scientia Agraria** v. 17, p. 14-23, 2016.
- MORAIS, T. P.; BRITO, C. H.; FERREIRA A. S.; LUZ, J. M. Q. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação

nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, v.62, n.6, Viçosa Nov./Dec. 2015.

NETO, P. M. de L.; JÚNIOR, D. G. S.; DIAS, D. S.; CRUZ, S. C. S.; RESENDE, H. de O.; COSTA, M. M. Cama de aves associada a adubação nitrogenada no cultivo do milho. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n.3, p. 39-50, Jul/Set. 2018.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A. de; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1687-1698, 2011.

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F. de; TANAKA, K. S.; TORRES, L. D.; MAKINO, P. A. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, 2011.

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**, Lavras, v. 29, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, I. J.; FONTES, J. R. A.; PEREIRA, B. F. F.; MUNIZ, A. W. Inoculation with *Azospirillum brasilense* increases maize yield. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, 2018.

POTTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes secessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 501-507, 1998. Número especial.

PIZOLATO NETO, A.; CAMARGOS, A. E. V.; VALERIANO, T. B.; SGOBI, M. A.; SANTANA, M.J. Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado. **Nucleus**, v. 13, n. 1, p. 87-96, 2016.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, E. A. de P.; PANOFF, B. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 272-279, 2012.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE PESQUISA DE MILHO, 62., 2017, Sertão, IFRS, 2017.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE PESQUISA DE SORGO, 45., 2017, Sertão, IFRS, 2017. **Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo no Rio Grande do Sul Safras 2017/2018 e 2018/2019**. Brasília, DF: Embrapa, 209 p, 2017.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J. da; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p.214-226, 2013.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. **Ames: Iowa State University of Science and Technology**, 1993. 26p.

RODRIGUES, L. F. O. S.; GUIMARÃES, V. F.; SILVA, M. B.; PINTO JUNIOR, A. S.; KLEIN, J.; COSTA, A. C. 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.

SANGOI, L.; SILVA, L. M. M. da; MOTA, M. R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N. M. DE; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D. E. Desempenho agrônômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 39:1141-1150, 2015.

SANTOS, L. B.; CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, P. S. R.; GONÇALVES, A. C., JR.; NERES, M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, p.272-281, 2014.

SILVA, D. J.; SILVA, A. O.; BASSOI, L. H.; COSTA, B. S.; TEIXEIRA, R. P.; SOUZA, D. R. M. Adubação orgânica e fertirrigação potássica em videira `Syrah` no semiárido. **Irriga**, v.1 n.1, p. 168-178, 2014.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, P. I. B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, p. 452-455, 2003.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 45, p.797-804, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed., Porto Alegre: ARTMED Editora, 2013. 918p.

TOLLENAAR, M. Is low density a stress in maize. **Maydica, Bergamo**, v. 37, n. 2, p. 305-311, 1992.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 20 dezembro 2019.

VERONA, D. A.; DUARTE JÚNIOR, J. B.; ROSSOL, C. D.; ZOZ, T.; COSTA, A. C. T. Tratamento de sementes de milho com Zeavit, Stimulate e inoculação com *Azospirillum* sp. In: 28º Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia. Anais, Associação Brasileira de Milho e Sorgo. p.3731-3737, 2010.

VOGEL, G. F.; FEY, R. Estímulo do potencial germinativo e fisiológico de centeio e triticale por *Azospirillum brasilense*, submetidos ao tratamento químico de sementes. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, p. 493-498, 2016.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; JADOSKI, S. O. Adubação nitrogenada na cultura do milho sob Sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com “El Niño”. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, p. 461-468, 2003.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando de maneira conjunta os resultados encontrados neste estudo para as culturas do trigo e do milho observa-se que não houve ganhos significativos com a inoculação de *A. brasilense*. Entre as fontes utilizadas destaca-se a combinação de cama de aves associada a ureia, que manteve a produtividade em relação ao tratamento convencional (somente ureia), em contrapartida, o uso apenas de cama de aves causou redução da produtividade de grãos.

Desta forma ressalta-se a necessidade de conhecimento sobre a fonte a ser utilizada como suprimento de nitrogênio pela planta e seu sincronismo com a mesma, de forma a atingir todas as suas exigências, pois, os nutrientes na forma orgânica devem passar por um processo de mineralização até serem disponibilizados. No caso da cama de aves essa mineralização é mais lenta, justificando a redução de rendimento, principalmente para plantas da família Poaceae que são altamente dependentes de N.

A cama de aves como alternativa a adubação nitrogenada, como observado neste trabalho, mostrou-se eficiente quando associada a uma fonte mineral, embora a produção seja um pouco menor com a utilização de apenas da cama de aves, vale ressaltar que o custo é 0 para o produtor que possui esse resíduo na sua propriedade, podendo abrir mão do uso do N mineral e aumentar a sua lucratividade, desta forma salientando o uso de fontes alternativas para um sistema de agricultura mais conservacionista que cada vez mais vem ganhando espaço no cenário mundial.

Por outro lado, a inoculação da bactéria do gênero *A. brasilense*, que tem a função de reduzir a demanda de fertilizantes nitrogenados, não se mostrou eficiente nessas condições de estudo, corroborando com outras pesquisas que também não

encontraram resposta significativa, pois, diversos fatores podem estar atrelados a esse desempenho, como estirpes mais eficientes, variações climáticas, solo, microbiota do solo e cultivar.

6 CONCLUSÃO GERAL

A utilização do *A. brasilense* em trigo e milho se mostrou uma prática ineficiente, de acordo com as variáveis de planta analisadas e na produtividade final de grão de trigo e milho. Quanto a utilização de fontes de N, se observa uma resposta significativa no comparativo a testemunha independente da fonte mineral e/ou orgânica. Porém, quando se observa a produtividade final de grãos, essas foram maiores quando da presença de N-mineral independente da aplicação total ou parcial da recomendação, o que nos remete a concluir, que a utilização de cama de aves, como fonte de nitrogênio nas culturas do trigo e milho deveria vir associado a adubação mineral e não aplicada de forma isolada.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.
- BARTCHECHEN, A.; FIORI, C. C. L.; WATANABE, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* na produtividade da cultura do milho (zea mays l). **Revista Campo Digit@l**, Campo Mourão, v. 5, n. 1, p. 5659, 2010.
- BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; PICCININ, G. G.; ALBRECHT, L. P.; BARBOSA, M. C.; ORTIZ, A. H. T. (2012) – Seed inoculation with *Azospirillum brasilense* associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, vol. 25, n. 2, p. 58-64.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:317-323, 2001.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p. 365-372, 2000.

BRIEDIS, C.; SÁ, de M. J. C.; FERREIRA, J. C.; RAMOS, S. F. Efeito primário e residual de resíduos orgânicos de abatedouro de aves e suínos na produtividade do trigo. **Revista Verde**, v.6, n.2, p. 221-226, 2011.

CQFS, **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, Porto Alegre, 20016, 376p.

COLUSSI, G. 2013. **Escarificação e adubação com cama de aves na produção de tifton 85**. Dissertação de mestrado em ciências do solo. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, V. 7 - Safra 2019/20 – N.3 – Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-109, dezembro 2019. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, 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**, Campina Grande, PB. V.17, n.10, p.1023-1029, 2013.

DEMARI, G. H.; CARVALO, I. R.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; DE SOUZA, V. Q.; SOMAVILLA, L.; BASSO, C. J. Cama de aves como alternativa para adubação nitrogenada em trigo. **Revista Cultivando o Saber**, [S.l.], v.9, n.2, p.224-242, 2016.

DIDONET, D. A.; LIMA, O. S.; CANDATEN, M. H.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido a inoculação de *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v35, n.2, p.401-411, fev. 2000.

DOEBLEY, J. The genetics of maize evolution. **Annual Review of Genetics**, Madison, v. 38, [s.n.], p. 37-59, 2004.

EMBRAPA, 2007. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para gramíneas**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/629377/1/doc232.pdf>> Acesso em 2 de outubro de 2019.

FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do trigo. **Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão**, Jaboticabal, 2008.

FREITAS, I. C. V. RODRIGUES, M. B. Fixação biológica do nitrogênio na cultura do milho **Agropecuária Técnica** – v. 31, n. 2, 2010. ISSN 0100-7467 – Areia, PB – CCA-UFPB.

HASSAN, M. S.; KHAIR, A.; HAQUE, M. M.; AZAD, A. K.; HAMID, A. Genotypic variation in traditional rice varieties for chlorophyll content, spad value and nitrogen use efficiency. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v.34, p.505-515, 2009.

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 Soil**, v. 331, n.1-2, p. 413–425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011. 37p.

LEMOS, M. S.; MAIA, E.; FERREIA, E.; STACHIW, R. Uso da cama de frango como adubo na agricultura. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n.1, p. 57-68, 2014.

MENDES, M. C.; ROSÁRIO, J. G. DO.; FARIA, M. V.; ZOCHE, J. C.; WALTER, A. L. B. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 4, n.3, p.95-110, 2011.

MILLÉO, M. V. R.; CRISTÓFOLI, I. Avaliação da eficiência agrônômica da inoculação de *Azospirillum* sp. na cultura do milho. **Revista Scientia Agraria** v. 17, p. 14-23, 2016.

NÖRNBERG, R. **Caracterização e predição de genitores visando à tolerância a germinação na pré-colheita em trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 2012. 133f. Dissertação (Mestrado em Fitomelhoramento) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2012.

NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. da C. Silagens: oportunidades e pontos críticos. **Embrapa Gado de Leite**. Comunicado Técnico, 43, 10 p. 2004.

PEREIRA, L. C.; PIANA, S. C.; BRACINI, A. L.; GARCIA, M. M.; FERRI, G. C.; FELBER, P. H.; MARTINELLI, D. C. V.; BIANCHESSI, P. A.; DAMETTO, I. B. Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasilense* Wheat (*Triticum aestivum*). **Revista de Ciências Agrárias**. Portugal v. 40 nº 1: p 105-113, 2017.

PICCININ, G. G.; DAN, L. G. M.; BRACCINI, A. L.; MARIANO, D. C.; OKUMURA, R. S.; BAZO, G. L.; RICCI, T. T. Agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* in physiological parameters and yield components in wheat crop. **Journal of Agronomy**, vol. 10, n. 4, p. 132-135, 2011.

PICCININ, G. G.; BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; SCAPIM, C. A.; RICCI, T. T.; BAZO, G. L. Efficiency of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* on agronomic characteristics and yield of wheat. **Industrial Crops and Products**, vol. 43, p. 393-397. 2013

RAIJ, B. V. 1981. **Avaliação da fertilidade do solo**. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 353 pp.

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

REIS JÚNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2012, Londrina, PR. Atas e resumos... Londrina: **Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**: Embrapa Trigo: 2012., 225p; 2013.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.28, v.1, p.623-639, 2004.

RODRIGUES, L. F. O. S.; GUIMARÃES, V. F.; SILVA, M. B. da; JUNIOR, A. S. P.; KLEIN, J.; COSTA, A. C. P. R. da. 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.

SÁ, J. C. M.; LAL, R.; CERRI, C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; CARVALHO, P. C. de F. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Revista Environment international**, v.98, p.102-112, 2017.

SANGOI, L.; CECÍLIA, B.; LUIZ, M. de A.; ZANIN, C. G.; SCHWEITZER, C. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, v.37, n.6, nov-dez, 2007.

SANTOS, L. B.; CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, P. S. R.; GONÇALVES, A. C.; JR.; NERES, M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frangos na sucessão da aveia/milho. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, supplement 1, p. 272-281, June/14.

SILVA, D. J.; SILVA, A. O.; BASSOI, L. H.; COSTA, B. S.; TEIXEIRA, R. P.; SOUZA, D. R. M. Adubação orgânica e fertirrigação potássica em videira `Syrah` no semiárido. **Irriga**, v.1 n.1, p. 168-178, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 45, p.797-804, 2010.

THEAGO, E. Q.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; MEGDA, M. M.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 38, p. 1826-1835, 2014.

ULGER, A. C.; BECKER, A. C.; KANT, G. Response of various maize inbred line and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science**. Andac, v. 159, n. 3, p. 157-63, 1995.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. Disponível em:
<<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 20 dezembro 2019.